

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-077870

(43)Date of publication of application : 14.03.2003

(51)Int.Cl.

H01L 21/304
B24B 37/00
B24B 37/04

(21)Application number : 2002-197760

(71)Applicant : WACKER SILTRONIC AG

(22)Date of filing : 05.07.2002

(72)Inventor : WENSKI GUIDO
THOMAS ALTMANN
HEIER GERHARD
WOLFGANG WINKLER
KANN GUNTHER

(30)Priority

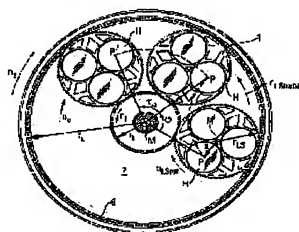
Priority number : 2001 10132504 Priority date : 05.07.2001 Priority country : DE

(54) METHOD FOR SIMULTANEOUSLY PERFORMING MATERIAL REMOVAL WORK TO BOTH SURFACES OF SEMICONDUCTOR WAFER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To develop a method wherein a cost merit is obtained by higher productivity per working machine, regarding a semiconductor wafer having regulated quality.

SOLUTION: In the state that a semiconductor wafer is positioned in a carrier 1 which is rotated by an outside drive ring 6 having drive pins and an inside ring 5 having drive pins, the semiconductor wafer is moved in a part between two grinding surface plates 7 which are rotated reversely to each other by using movement forms which can be drawn by a prescribed orbit curve which is relative to an upper side working surface plate and a prescribed orbit curve which is relative to a lower side working surface plate. In this case, both of the orbit



curves have external appearances which are still opened after six loops around a central point are formed and have a curvature radius of at least the same size as a radius of the inside drive ring, at each part.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	05.07.2002
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	07.10.2005
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3999587
[Date of registration]	17.08.2007
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	2006-000273
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	05.01.2006
[Date of extinction of right]	

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is an approach for carrying out ingredient removal processing of the semiconductor wafer which has a front face and a rear face to coincidence by both sides. An outside drive ring with an annular semiconductor wafer, In the condition of being located in the carrier rotated with the drive ring of the annular inside Between two activity surface plates which rotate this semiconductor wafer of each other to the reverse sense In the approach of the format of making it exercising to an upper activity surface plate in the movement format which can be drawn by the relative predetermined orbital curve to a relative predetermined orbital curve and a lower activity surface plate, respectively It has the appearance which both orbital curves still opened after formation of six loop formations involving (a) central point. and (b) -- the approach for carrying out ingredient removal processing of the semiconductor wafer to coincidence by both sides characterized by having the radius of an inside drive ring, and the radius of curvature of the magnitude same at least in any parts.

[Claim 2] The method according to claim 1 of carrying out ingredient removal processing performed to coincidence by both sides as double-sided polishing performed to the bottom of at least 2-micrometer semiconductor material removal between two turn tables covered with the polishing pad.

[Claim 3] The approach according to claim 2 by which it is located in two or more notches which were prepared in two or more even carriers with which a semiconductor wafer consists of steel, respectively, and which were lined with the plastics of the almost same thickness as a carrier, and only 2-20 micrometers also of average thickness halfbeaks of the semiconductor wafer which the average thickness of a carrier finished grinding are set up small.

[Claim 4] The approach according to claim 2 or 3 the removal rate of a semiconductor material is a part for at least 0.65-micrometer/.

[Claim 5] The approach given [to claims 2-4] in any 1 term only 3-10 micrometers also of average thickness halfbeaks of the semiconductor wafer which the average thickness of a carrier finished grinding are set up small, and the amount of removal of a semiconductor material is 5-50 micrometers.

[Claim 6] The approach given [to claims 2-5] in any 1 term which grinds the semiconductor wafer of at least three sheets to coincidence, and uses at least three carriers for coincidence.

[Claim 7] The method given [to claims 2-6] in any 1 term of having the degree of hardness (Shore A) of 50-100 which uses the polishing pad of the upper and lower sides which consist mainly of polyurethane, and supplies continuously the abrasive material which has 1 - 5% of the weight of a SiO₂ solid-state content, and the pH value of 9.5-12.5.

[Claim 8] The method given [to claims 2-7] in any 1 term of removing an almost equivalent ingredient from the field on a side front, and the field on a background by setting up the average orbital velocity which can compare a relative semiconductor wafer to an upper turn table and a lower turn table.

[Claim 9] The method given [to claims 2-7] in any 1 term of removing many ingredients from the field on the side front of a semiconductor wafer rather than the field on a background by setting up the average orbital velocity of a relative semiconductor wafer more highly to an upper turn table compared with the average orbital velocity of a relative semiconductor wafer to a lower turn table.

[Claim 10] The method according to claim 1 of carrying out ingredient removal processing performed to coincidence by both sides as a double-sided wrapping step performed between two lap surface plates to the bottom of at least 10-micrometer semiconductor material removal.

[Claim 11] The method according to claim 10 of being located in two or more notches which were prepared in two or more even carriers with which a semiconductor wafer consists of steel, respectively and which were lined with plastics, and exercising between two lap surface plates which consist of the steel which equipped the bottom of supply of the suspension containing an abrasive grain with the path-like crevice.

[Claim 12] The method according to claim 10 or 11 of removing an equivalent ingredient from the field on a side front, and the field on a background.

[Claim 13] The method according to claim 1 of carrying out ingredient removal processing performed to coincidence by both sides as a double-sided grinding step performed to the bottom of at least 10-micrometer semiconductor material removal between two activity surface plates covered with the grinding stone.

[Claim 14] The approach given [to claims 1-13] in any 1 term used within the process chain for manufacturing the semiconductor wafer which consists of the silicon which is equal to 0.13 micrometers or has the local site display flatness SFQRmax smaller than it concerning a 25mmx25mm configuration component side in the approach concerned.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]**[0001]**

[Field of the Invention] The orbital curve by which the relative semi-conductor disk (wafer), i.e., a semiconductor wafer, was optimized to the upper processing surface plate and the lower processing surface plate is used for this invention, and it relates to the approach for carrying out ingredient removal processing of the semiconductor wafer to coincidence by both sides.

[0002]

[Description of the Prior Art] slicing-edge RAUNDINGU using; sow which includes a multiple-processes step which lists a series of typical processes (it is called a "process chain") for manufacturing a semiconductor wafer to a degree, bevel-wrapping, or a grinding-wet -- the cleaning step performed before and after process [at least / some] step of the process steps mentioned to chemical etching-polishing and a chemical top. In a semiconductor wafer to use as a start product for manufacturing the configuration component of the next generation which has the line breadth of 0.13 micrometers or 0.10 micrometers especially, a high demand is imposed to parallel smoothness and display flatness. This is equal to 0.13 micrometers about the 25mmx25mm configuration component side which is the scale of surface smoothness, or 0.10 micrometers, or the display flatness SFQRmax smaller than it (SFQR=site front-surface referenced least squares) can express it in the example given above. Such a demand can be met by carrying out at least one manufacture step in a process chain as a step which processes the front face and rear face of a semiconductor wafer into coincidence. The examples of such a process are double-sided wrapping, double-sided grinding, and double-sided polishing, and it carries out as a single wafer process (single-wafer-processing process), or these processes may be carried out, carrying out coincidence processing of the semiconductor wafer of about 5-30 sheets.

[0003] The technique which carries out double-sided wrapping of two or more semiconductor wafers is considerably known for some time by coincidence, for example, it is indicated by the Europe patent application public presentation No. 547894 specification. A suitable facility of two or more manufacturers of various sizes is available in a commercial scene. In this case, a semiconductor wafer is called a "lap surface plate" by this contractor to the bottom of supply of the suspension containing an abrasive grain (Abrasive) -- cooking -- *** -- between the activity surface plates of the upper and lower sides equipped with two or more paths for consisting of steel and distributing suspension good, it is made to exercise, being pressurized by a certain amount of pressure, and, thereby, a semiconductor material is removed. In this case, a semiconductor wafer is held in accordance with a predetermined geometric orbit with the rotation disk which was rotated with the drive ring and which is called a "carrier" equipped with two or more notches for holding a semiconductor wafer.

[0004] The duty of wrapping is removing the damaged layer near [which was formed at the time of the sewing in the slicing process of a semiconducting crystal] the front face ("damage"), and forming the thickness and parallel smoothness of a convention of a semiconductor wafer. The typical amount of removal is 20 micrometers - 120 micrometers of semiconductor materials, and, as for this amount of removal, it is advantageous to be distributed to homogeneity to both sides of a semiconductor wafer.

[0005] The approach for carrying out double-sided grinding of the semiconductor wafer is also learned too, and, recently, it is increasingly used mostly as a means replaced with wrapping based on a cost advantage. In relation to this, the method of processing two or more semiconductor wafers into the Federal Republic of Germany patent application public presentation No. 19626396 specification at coincidence is indicated. This approach is performed using movement in double-sided wrapping, and movement of a similar semiconductor wafer. The same duty as wrapping is imposed on double-sided grinding in this case. That is, the comparison also of the typical amount of removal is attained.

[0006] The approach for carrying out double-sided polishing of the semiconductor wafer evolves wrapping, in this case, the even turn table which was able to stick abrasive cloth or a polishing pad uses it instead of the lap surface plate of the upper and lower sides which are an activity surface plate -- having -- and -- cooking -- **** -- the polish suspension (polish slurry) containing the colloid stabilized by alkalinity is supplied. According to the publication of a U.S. Pat. No. 5855735 specification, if 6% of the weight (wt%) of solid-state concentration is exceeded, the shift to the mechanical double-sided rough polish in wrapping mode from chemical double-sided polish will be performed.

[0007] Also in this case, a semiconductor wafer is made to exercise in accordance with the specified orbit with the rotated carrier in the turn table of the upper and lower sides which generally rotate to the reverse sense mutually. The polishing machine relevant to this is indicated by for example, the Federal Republic of Germany patent application public presentation No. 10007390 specification. The approach for carrying out double-sided polish of the semiconductor wafer, in order to obtain high display flatness is well-known based on the Federal Republic of Germany patent No. 19905737 specification, and only 2-20 micrometers of the thickness of the semiconductor wafer which it finished grinding in this case are not larger than the carrier which consists of special steel. If this approach is used, the site locally display flatness value expressed as SFQRmax about the grid pattern which has a 25mmx25mm configuration component side is equal to 0.13 micrometers, or a semiconductor wafer which becomes smaller than it can be obtained. Such a semiconductor wafer is equal to 0.13 micrometers, or needed for the semiconductor configuration component process of having line breadth smaller than it. The approach for post processing by double-sided polishing is indicated by the Federal Republic of Germany patent No. 19956250 specification. In order to protect the edge of a semiconductor wafer, if the carrier has the notch lined with the plastics for holding a semiconductor wafer by the configuration given in the Europe patent No. 208315 specification, it is convenient. Lining the notch of a carrier with such plastics is an approach currently frequently used also in wrapping.

[0008] The duty of double-sided polishing is removing the crystal layer and surface roughness (granularity) of etching which adjusts the final parallel smoothness and the display flatness of a semiconductor wafer, and follows a last process, for example, wrapping, or grinding, and this by which processing deterioration was carried out. Based on the field on the ground background where the particle adhesion inclination was reduced being conjointly acquired with this, at the time of manufacture of a semiconductor wafer with a diameter of 200mm or more, it is more remarkable than one side polishing of the field on a side front, and such an ingredient removal polishing method especially is important at the same time the high display flatness of the semiconductor wafer by which double-sided polish was carried out is obtained. The typical amount of removal is 10 micrometers - 50 micrometers of semiconductor materials in this case.

[0009] In double-sided polishing, an equivalent ingredient is mostly removed from the field on the side front of a semiconductor wafer, and the field on a background. The method realizable at the rotational frequency by which the upper turn table was raised to the international public presentation/[00th] No. 36637 pamphlet in double-sided polishing of leaving the crystal layer which deteriorated intentionally in the wafer side with the amount of ingredient removal in the raised side front is indicated to it. Covering [according to the publication to the Federal Republic of Germany patent application public presentation No. 19704546 specification] of the rear face by the approach of a multistage type, i.e., double-sided polishing -, for example, an oxide, - Such asymmetric ingredient removal can be performed also by the approach of consisting of the step of double-sided polishing for the second time.

[0010] In order to maintain competitive strength as a manufacturer of a semiconductor wafer, offering

the process and approach of enabling manufacture of the demanded quality at the lowest possible cost is approached. The important point used as a key is raising the production rate of the semiconductor wafer per machine even to highest possible extent. In the case of double-sided polishing, this means realizing the high elimination factor or removal rate (Abtragsrate) relevant to high working life of a polishing pad, for example. The same thing can be said also about the wrapping method and grinding method which work for double-sided processing. However, in the case of an activity surface plate, the life of a lap surface plate or a grinding stone surface plate poses a problem instead of the life of a polishing pad.

[0011] The fault of these approaches by the well-known advanced technology is that it is impossible to realize the raised machine throughput or the shortened cycle time in the specified amount of ingredient removal in double-sided wrapping, double-sided grinding, and double-sided polishing, maintaining the absence of a specific product property, for example, high display flatness, and/or a surface scratch. By raising a processing pressure, the attempt in which the removal rate of a semiconductor material is raised causes inferior-izing of display flatness, and/or generating of a surface scratch, thereby, it cannot be processed successfully but after treatment of the wafer manufactured in this way must be carried out, applying the cost time and effort which was discarded or was raised.

[0012] It is indicated that the orbital curve of a relative semiconductor wafer is related to a polishing pad at the ratio of the rotational speed n of the m pairs of rotational-speed carrier of a polishing pad in one side polishing of the semiconductor wafer of one ** made to exercise through the turn table which similarly rotates so that it may be held by the carrier and may rotate centering on the central point on U.S. Pat. No. 6180423 specifications. That is, such a thing for which a polishing pad is covered as much as possible by homogeneity by the orbital curve of the shape of spiral or a spiral is indicated. This is attained by the highest possible least common multiple of m and n . As an advantage, the removal rate and the improved polishing pad life raised permanently are checked. The fault in the well-known advanced technology which also described this approach in the top cannot be buried. Because, rotation of the ingredient removal-processing method which works by both-sides side, i.e., a carrier A translational motion centering on a relative machine core is overlapped to the turn table. Therefore, it is because application by the ingredient removal-processing method for being considered instead of the degree of freedom of 2 in the degree of freedom (rotational frequency of the driving gear the rotational frequency of an upper surface plate and a lower surface plate and inside a carrier and an outside driving gear) of 4 is impossible.

[0013]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The approach for following, for example, carrying out ingredient removal processing of the semiconductor wafer to coincidence by both sides by wrapping, grinding, or polishing was improved, and the technical problem that the approach that a cost advantage is brought about according to the still higher production rate of the semiconductor wafer of quality with which per processing machine was specified was developed was imposed.

[0014]

[Means for Solving the Problem] The object of this invention is an approach for carrying out ingredient removal processing of the semiconductor wafer which has a front face and a rear face to coincidence by both sides. An outside drive ring with an annular semiconductor wafer, In the condition of being located in the carrier rotated with the drive ring of the annular inside Between two activity surface plates which rotate this semiconductor wafer of each other to the reverse sense In the approach of the format of making it exercising to an upper activity surface plate in the movement format which can be drawn by the relative predetermined orbital curve to a relative predetermined orbital curve and a lower activity surface plate, respectively It has the appearance which both orbital curves still opened after formation of six loop formations involving (a) central point. and (b) -- it is the approach for carrying out ingredient removal processing of the semiconductor wafer to coincidence by both sides characterized by having the radius of an inside drive ring, and the radius of curvature of the magnitude same at least in any parts.

[0015]

[Effect of the Invention] In other words, both orbital curves are not closed in itself after formation of loop formations fewer than six or it involving the central point, or will hardly be closed in itself, but,

moreover, not both orbital curves will have the radius of curvature smaller than the radius of curvature of an inside drive ring in any parts.

[0016] About the configuration, the orbital curve by this invention differs from the severe spiral curve of one side polishing by the well-known advanced technology, when the drive of a carrier and the drive of an activity surface plate are overlapped on two or more movements. The upper activity surface plate of the big description of this invention is [a lower activity surface plate] also that direction change all not only being covered with homogeneity by the orbital curve of relative semiconductor wafer movement but rapid is not performed to an activity surface plate, either. For example, based on the 1st demand, uniform wear and quick playback of the upper and lower sides of a polishing pad are guaranteed, and, in the case of double-sided polishing, risk of also causing destruction of the semiconductor wafer according [based on the 2nd demand, the transit format which a semiconductor wafer does not have is avoided, and] to the advance from a carrier by this, vibration of a carrier and/or the tilt of a semiconductor wafer as a result aggravation of display flatness, and when the worst is avoided. It is unexpected that such relevance exists and it was not able to foresee at all. It can say that it is the same as that of the consideration result of having described double-sided polishing also about double-sided wrapping and double-sided grinding.

[0017] The start product of the approach concerned is the semiconductor wafer which was separated from the crystal, and edge RAUNDINGU was carried out in the well-known format, and was given to another process step depending on the case. This semiconductor wafer may have sewing or the front face by which slicing was carried out, or grinding was carried out, or was etched, or was ground or epitaxial growth was carried out according to the approach and the purpose setup. The edge of a semiconductor wafer may be ground according to the request.

[0018] The final product of the approach concerned is the semiconductor wafer which double-sided wrapping was carried out, double-sided grinding was carried out, or double-sided polish is carried out, has high display flatness and non-scratch nature, and surpasses further the semiconductor wafer of this quality manufactured by the well-known advanced technology in respect of the manufacturing cost.

[0019] By wrapping, grinding, and polishing, the approach by this invention can be used in order [which consists of the ingredient which becomes processible by these approaches] to carry out double-sided processing of the body of the shape of a various disk variously. Such ingredients are glass, for example, the glass which made the silicon dioxide the subject, and a semi-conductor, for example, silicon, silicon / germanium, and a gallium arsenide. The silicon of the form of the single crystal for using it succeedingly by manufacture of an electronic configuration component, for example, a processor, and a memory device is advantageous especially within the limit [of this invention].

[0020] Especially the approach by this invention is equal to 200mm, or it is suitable in order to process the semiconductor wafer which has a larger diameter than it and the thickness of 500 micrometers - 1200 micrometers, or such a semiconductor wafer may be used as a start ingredient for manufacturing a semi-conductor configuration component directly -- or wet [another process step, for example, wet,] -- after chemical etching or chemical plasma etching, and implementation of polishing -- and after covering off, a rear-face seal layer, or a layer like the epitaxial enveloping layer of the field on a wafer side front -- and the purpose of use corresponding to after conditioning by/or heat treatment may be supplied. It may be used also in order to manufacture the semi-conductor substrate formed in multilayer structure, for example, a SOI wafer, (silicon-on-insulator) as well as this invention other than manufacture of the wafer which consists of a homogeneity ingredient.

[0021] Then, the approach by this invention is explained taking the case of double-sided polishing of a silicon wafer. The data for calculating and specifying the optimized orbital curve can be diverted to the method of having the same kinematic operation format satisfactory, for example, double-sided wrapping, and double-sided grinding for this contractor. The activity surface plate equipped with the path or the grinding stone instead of the turn table covered with the polishing pad in this case is used, and wear of a lap surface plate or a grinding surface plate is taken into consideration instead of being wear of a polishing pad.

[0022] It is possible to give the silicon wafer of a large number sliced by the slicing method using an

inner circumference cutting-edge type saw or a wire saw theoretically to the double-sided polishing step by this invention directly. However, it is advantageous to round off the wafer edge divided into the sharp profile, i.e., a mechanical very sensitive wafer edge, using the emery wheel by which profiling was carried out suitably. Furthermore, it is the purpose of partial removal of the purpose of an improvement of geometry (geometry) and the destroyed crystal layer, i.e., a damaged layer, and it is advantageous to give a silicon wafer to wrapping, grinding, and/or a removal step like etching. In this case, all the steps mentioned above are carried out by the well-known advanced technology.

[0023] In order to carry out the polishing step by this invention, the machine of marketing for double-sided polishing of suitable size which enables coincidence polishing of at least three silicon wafers using at least three carriers can be used. Especially the thing for which 3-5 carriers which placed regular intervals and have been arranged in accordance with a predetermined circular orbit, and which are occupied with three silicon wafers even if few each are used for coincidence is advantageous. However, each carrier is able to be occupied only with one silicon wafer, respectively. However, in order that this silicon wafer may enable it to rearrange this invention in this case, being arranged outside the core of a carrier is desirable.

[0024] Horizontally, the polishing machine has the turn table (platen) of the pivotable bottom, and the turn table of a freely pivotable top, and abrasive cloth or a polishing pad is covered by these turn tables, respectively, and it is mainly freely stuck on them advantageously. This polishing machine enables double-sided ingredient removal polishing processing under continuous supply of the abrasive material of a suitable chemical presentation. The carrier which consists of stainless steel chrome steel advantageously has two or more notches by which a dimension setup of [for holding a silicon wafer] was carried out suitably and which were lined with plastics, these carriers -- for example, the pin called so-called "the pin wheel (Triebstock-Stiftverzahnung)" -- a row of teeth or an involute -- using a row of teeth, the rotating ring with a pin inside inside or the ring with a gear tooth, and the ring of this inside touch the polishing machine through the outside ring with a pin or the outside ring with a gear tooth which rotates to the reverse sense, and are brought to rotation among both the turn tables that rotate to the reverse sense mutually by this. The "pin wheel" is advantageous especially based on the rotation property of a carrier being stabilized further and a pin becoming exchangeable easily.

[0025] The carrier used for the polishing method by this invention has the advantageous thickness of 500-1200 micrometers, this thickness is influenced by the last thickness of the ground silicon wafer, and this last thickness itself relates to the diameter and the planned purpose of using a silicon wafer. It is advantageous that only the 2-20 micrometers of the last thickness of the ground wafer are greatly formed rather than carrier thickness about manufacture of a very even silicon wafer, and especially the range that is 3-10 micrometers in this case is advantageous. The 2-70 micrometers of the amounts of silicon removal by double-sided polishing are 5-50 micrometers especially advantageous advantageously.

[0026] In order to explain this invention, some drawings which make this invention clear are used. All data are related with polishing of the silicon wafer with a diameter of 300mm in the double-sided polishing machine of marketing of the type AC 2000 of Peter Walters (Fa. Peter Walters, Federal Republic of Germany Rendburg **) which equipped the pin train (it is equivalent to a gearing's internal tooth and external tooth) prepared in the drive ring of the outside for driving a carrier, and the inside. The relevance which constitutes the bottom of this invention can be diverted also to processing of the other ingredient removal machines which work in a polishing machine and a wrapping machine smaller than the polishing machine of the above-mentioned type, or large-sized, a grinding machine, and the kinematics property that can be compared and a semiconductor wafer smaller than the wafer of the above-mentioned size, or a big semiconductor wafer. Therefore, the example of illustration does not restrict this invention.

[0027]

[Embodiment of the Invention] Below, the gestalt of operation of this invention is explained in detail per drawing.

[0028] The rotation disk 1 which has the diameter of 720mm for holding three 300mm-silicon wafers for double-sided polishing, i.e., a carrier, is illustrated by drawing 1.

[0029] The condition that the plurality of the carrier 1 shown in drawing 1 has been arranged at the double-sided polishing machine is shown in drawing 2, the diameter of the outside ring 6 with a drive pin is 1970mm in this case, and the diameter of the inside ring 5 with a drive pin is 530mm.

[0030] In the polishing machine shown in drawing 2, when the up-and-down turn table and the internal and external ring with a drive pin are rotating to coincidence, the geometry property which becomes important because of movement of a relative silicon wafer to a polishing pad is shown in drawing 3.
 [0031] It is related with the rotation parameter adjusted in the example 1 of a comparison by drawing 4 a - drawing 4 f. the upper polishing pad in the case of double-sided polishing with the polishing machine shown in drawing 2 (a --) The orbital curve of a relative silicon wafer is shown by the Cartesian coordinate system to c, e, and a lower polishing pad (b, d, f), respectively. In this case to drawing 4 a The relative orbital curve is drawn to the polishing pad of the top after the operation time for 6 seconds. To drawing 4 b The relative orbital curve is drawn to the polishing pad of the bottom after the operation time for 6 seconds. To drawing 4 c The relative orbital curve is drawn to the polishing pad of the top after the operation time for 20 seconds. To drawing 4 d The relative orbital curve is drawn to the polishing pad of the bottom after the operation time for 20 seconds. To drawing 4 e The relative orbital curve is drawn to the polishing pad of the top after the operation time for 120 seconds, and the relative orbital curve is drawn on drawing 4 f to the polishing pad of the bottom after the operation time for 120 seconds.

[0032] Drawing 5 a - drawing 5 f is a drawing equivalent to drawing 4 a about the example 2 of a comparison - drawing 4 f.

[0033] Drawing 6 a - drawing 6 f is a drawing equivalent to drawing 4 a about the example 3 of a comparison - drawing 4 f.

[0034] Drawing 7 a - drawing 7 f is a drawing equivalent to drawing 4 a about Example 1 - drawing 4 f.

[0035] Drawing 8 a - drawing 8 f is a drawing equivalent to drawing 4 a about Example 2 - drawing 4 f.

[0036] Drawing 9 a - drawing 9 f is a drawing equivalent to drawing 4 a about Example 3 - drawing 4 f.

[0037] The carrier 1 for double-sided polishing shown in drawing 1 is characterized by the outside row of teeth 2. The row of teeth 2 of this outside can gear with the pin train of the ring with a drive pin of the outside established in the polishing machine (ring equipped with the pin train instead of the internal-tooth train of an internal gear), and an inside ring with a drive pin (ring equipped with the pin train instead of the external-tooth train of a sun gear). The carrier 1 has two or more openings 3 lined with the plastics for holding a silicon wafer grinding further, and two or more additional openings 4 which guarantee good distribution of the abrasive material between both polishing pads.

[0038] The typical maximum batch condition with a diameter of 300mm occupied with semiconductor wafer H and the carrier 1 occupied with the silicon wafer in this case of three sheets, respectively is shown for the polishing machine of a type AC 2000 in drawing 2. For example, also when the polishing machine small type [1500] AC similarly manufactured by Peter Walters (Fa. Peter Walters) is occupied with 200mm-semiconductor wafer, the same geometry arrangement is made to arise. A carrier 1 is rotated with the inside ring 5 with a drive pin, and the outside ring 6 with a drive pin. In this case, if the hand of cut of the inside ring 5 with a drive pin and the hand of cut of the outside ring 6 with a drive pin have a mutually different sign, they are advantageous. Semiconductor wafer H touches the polishing pad of an upper turn table which rotates in this case, and the polishing pad of the lower turn table 7 which rotates to the reverse sense advantageously. An up-and-down turn table is seen from a top, agrees completely and overlap.

[0039] In order to draw the geometry property at the time of double-sided polishing, the data which become important are written in drawing 3. In this case, the rings 5 and 6 with both the drive pin and both the turn tables 7 rotate focusing on the medial-axis line M of immobilization of a polishing machine, and rotate a carrier 1 focusing on core M' of a proper to it, respectively. This core M' does not need to be location immobilization. In relation to this, the next rotation type number (for example, it expresses with the rotational frequency per for [r.p.m.=] 1 minute) becomes important. : no = Rotational frequency of the turn table 7 of the top centering on M nu = Rotational frequency of the turn table 7 of the bottom centering on M na = Rotational frequency of the ring 6 with a drive pin of the

outside centering on M_{ni} = rotational frequency of the ring 5 with a drive pin of the inside centering on M_{nLS} Rotational frequency of the carrier 1 centering on M' the rotational frequency of the carrier 1 centering on $nLS_{trans}=M$ -- in this case It is two of n_o , n_u and four amounts n_a and n_i , nLS_{rot} , and $nLS_{trans}(es)$ that a setup becomes possible freely by the machine operation person. This is obtained from the following geometry relation.;

[0040]

$$[Equation 1] \quad n_a = (r_{LS}/r_a) \times n_{LS_{rot}} + n_{LS_{trans}} \quad (1)$$

[0041] And [0042]

$$[Equation 2] \quad n_i = (r_{LS}/r_i) \times n_{LS_{rot}} + n_{LS_{trans}} \quad (2)$$

[0043] Or it is [0044] after conversion of (1) and (2).

[Equation 3]

$$n_{LS_{rot}} = (n_a - n_i) / (r_{LS}/r_a + r_{LS}/r_i) \quad (3)$$

[0045] And [0046]

[Equation 4]

$$n_{LS_{trans}} = (r_a \times n_a + r_i \times n_i) / (r_a + r_i) \quad (4)$$

[0047] Radius r_a of the inside of a formula, and the r_{LS} = carrier 1 Radius r_i of the ring 6 with a drive pin of = outside Radius of the ring 5 with a drive pin of = inside.

[0048] About the machine of a type AC 2000, (3) is $nLS_{rot}=0.5801 \times (na-ni)$. It is set to (5) and (4) is $nLS_{trans}=0.7880 \times na + 0.2120 \times ni$. It is set to (6).

[0049] Next, a relative orbital curve is considered to the polishing pad 7 of Point P bottom which keeps spacing a and is located from core M' of a carrier 1. This point P may be the central point of semiconductor wafer H, when all semiconductor wafer H is arranged at equal intervals focusing on core M' . In order to take the load of a polishing pad into consideration, Point P is advantageous in it being the point of being located in the circle drawn focusing on core M' occupied most densely with the semiconductor material. In the above-mentioned use example of the carrier 1 in the polishing machine AC 2000, it is assumed that the radius a of this circle is 200mm.

[0050] By the rolling motion of the carrier 1 which met the outside ring 6 with a drive pin, the actual point P moves to ideal point P' first. About M , from P, this ideal point P' accomplishes an include angle ψ , and is located. This movement can be interpreted as a hypocycloid orbit. Such movement is a formula known by this contractor.;

[0051]

$$[Equation 5] \quad x = (r_a - r_{LS}) \times \cos \varphi + a \times \cos [\varphi \times (r_a - r_{LS}) / r_{LS}] \quad (7)$$

[0052] And [0053]

$$[Equation 6] \quad y = (r_a - r_{LS}) \times \sin \varphi - a \times \sin [\varphi \times (r_a - r_{LS}) / r_{LS}] \quad (8)$$

[0054] It can be alike and can draw on a Cartesian coordinate system more (based on being $r_{LS}=r_i+r_a$, in the selected example, even if it uses the equation for an epicycloid orbit, depiction becomes possible.). In this case, a carrier rolls centering on an inside ring with a drive pin. .

[0055] The turn table of a while [Point P is moved to point P' through the partition ψ of a hypocycloid

orbit] top is an include angle to an opposite direction. - Only tauo rotates, and this makes point P' rotated focusing on M only for include-angle tau o minutes ("translational motion" of M' along the circular orbit centering on =M), as a result point P" is made to produce. In order to enable it to compute the location of relative point P" to the starting point P about the turn table of the top after the unit time amount t, the time amount for developing an include angle psi and include-angle tauo first must be contrasted. for this reason -- being alike -- : [0056] which assumes the outside ring 6 with a drive pin to be the criteria circle which does not exercise virtually

[Equation 7]

$$n_a' = n_a - n_a = 0$$

$$\bullet \quad n_o' = n_o - n_a \quad (9)$$

$$n_i' = n_i - n_a \quad (10)$$

$$n_{Lstrans}' = n_{Lstrans} - n_a \quad (11)$$

$$n_{LSrot}' = n_{LSrot}$$

(12)

[0057] In that case, tauo=no'xt It is (13) (or negative sign based on a mutually different hand of cut of tauu=no'xt;no or nu and tauo, or tauu), and is psi=nLSrans'xt. It is (14).

[0058] By the formula (9), it is tauo=(na-no) xt. By materializing (15) and inserting; type (11) and a formula (14) in a formula (1), it is psi=-(rLS/ra) xnLSrotxt. (16) is obtained.

[0059] By making a formula (15) and a formula (16) equivalent about t, it is tauo=(no-na) xpsixra/(nLSrotxrLS). (17) is obtained.

[0060] That is, while an include angle psi is advanced focusing on M based on hypocycloid movement (a formula (7) and formula (8)) from Point P, relative rotation tauo is performed to it and coincidence to an upper grinding surface plate. A formula (17) can express this rotation as a function of psi.

Superposition of both movements is : [0061] which can be performed by rotating system-of-coordinates x-y describing hypocycloid movement to system-of-coordinates x'-y' focusing on -tauo.

[Equation 8]

$$x' = x \cos(-\tau_o) + y \sin(-\tau_o) \quad (18)$$

$$y' = -x \sin(-\tau_o) + y \cos(-\tau_o) \quad (19)$$

[0062] All movement P-P" is : [0063] which can be expressed by inserting a formula (7), a formula (8), and a formula (17) in a formula (18) and a formula (19).

[Equation 9]

$$x' = x \times \cos(-\tau_0) + y \times \sin(-\tau_0) \quad (18)$$

$$\begin{aligned} x' = & \{ (x_s - x_{is}) \times \cos\varphi + a \times \cos[\varphi \times (x_s - x_{is}) / x_{is}] \} \times \cos(-\tau_0) \\ & + \{ (x_s - x_{is}) \times \sin\varphi - a \times \sin[\varphi \times (x_s - x_{is}) / x_{is}] \} \times \sin(-\tau_0) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x' = & \{ (x_s - x_{is}) \times \cos\varphi + a \times \cos[\varphi \times (x_s - x_{is}) / x_{is}] \} \\ & \times \cos[-(n_s - n_{is}) \times \varphi \times x_s / (n_{isrot} \times x_{is})] \\ & + \{ (x_s - x_{is}) \times \sin\varphi - a \times \sin[\varphi \times (x_s - x_{is}) / x_{is}] \} \\ & \times \sin[-(n_s - n_{is}) \times \varphi \times x_s / (n_{isrot} \times x_{is})] \end{aligned} \quad (20)$$

$$y' = -x \times \sin(-\tau_0) + y \times \cos(-\tau_0) \quad (19)$$

$$\begin{aligned} y' = & \{ -(x_s - x_{is}) \times \cos\varphi - a \times \cos[\varphi \times (x_s - x_{is}) / x_{is}] \} \times \sin(-\tau_0) \\ & + \{ (x_s - x_{is}) \times \sin\varphi - a \times \sin[\varphi \times (x_s - x_{is}) / x_{is}] \} \times \cos(-\tau_0) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y' = & \{ -(x_s - x_{is}) \times \cos\varphi - a \times \cos[\varphi \times (x_s - x_{is}) / x_{is}] \} \\ & \times \sin[-(n_s - n_{is}) \times \varphi \times x_s / (n_{isrot} \times x_{is})] \\ & + \{ (x_s - x_{is}) \times \sin\varphi - a \times \sin[\varphi \times (x_s - x_{is}) / x_{is}] \} \\ & \times \cos[-(n_s - n_{is}) \times \varphi \times x_s / (n_{isrot} \times x_{is})] \end{aligned} \quad (21)$$

[0064] In this case, (x', y') are equivalent to the coordinate of point P' after passage of the include angle psi which passes along a hypocycloid orbit. x'=ra-rLS+a and y'=0 are materialized about psi=0.

[0065] As opposed to an upper turn table (or under) the mean velocity Vo of the relative point P (Vu)

The migration length s of a point (x', y') uses a formula (20) and a formula (21). For example, at intervals of 1 degree spacing (xj, yj) about include-angle >360 degree small include-angle INKURE

mental amount (increment) deltapsi -- and (xi, yi) -- if quiet totaled [total] -- the migration length [0066] of a point (x', y')

[Equation 10]

$$s = \sum [(x_j' - x_i')^2 + (y_j' - y_i')^2]^{1/2} \quad (22)$$

[0067] And the formula decomposed about time amount t (16)

[0068]

[Equation 11]

$$t = - \varphi \times x_s / (x_{is} \times n_{isrot}) \quad (16)$$

[0069] since -- v=s/t (or vo=so/t and vu=su/t)

[0070]

[Equation 12]

$$v = - (x_{is} \times n_{isrot}) / (\varphi \times x_s) \times \sum [(x_j' - x_i')^2 + (y_j' - y_i')^2]^{1/2} \quad (23)$$

[0071] It is alike, and it may be computed by receiving. Calculation of rate change is also attained.

[0072] the table count program (Tabellenkalkulationsprogramm) of marketing of calculation of an orbital curve and a rate by the indicated formula (20), (21), and (23) -- using -- respectively -- enough -- an output -- a powerful desk computer ("PC") can perform.

[0073] Theoretically, the combination of arbitration can be chosen about the average relative velocity v_o and v_u and the average polishing pressure P which are obtained from rotational frequencies n_o , n_u , n_a , and n_i and these rotational frequencies. However, the constraint based on a machine design, an ingredient load, and a safety viewpoint is especially imposed on such possibility in fact. If the ring with a drive pin of the grinding surface plate of a top and the bottom, an outside, and the inside has a hand of cut mutually different, respectively, it is advantageous. This is expressed with a sign. In order to grind 15 silicon wafers with a diameter of 300mm to coincidence with the one-set machine AC 2000 of polishing, the following especially advantageous parameter range is convenient. These parameter range is : [0074] which was the object of a detailed experiment which could control in the production run and moreover brought about this invention.

[Equation 13]

$$\begin{aligned} n_o &= +10 \dots +25 \text{ r.p.m.} & n_a &= +3 \dots +10 \text{ r.p.m.} \\ n_u &= -10 \dots -26 \text{ r.p.m.} & n_i &= -10 \dots -26 \text{ r.p.m.} \\ v_o &= -0.5 \dots -2.0 \text{ m/sec} & P &= 0.10 \dots 0.25 \text{ bar} \\ v_u &= +0.5 \dots +2.0 \text{ m/sec} \end{aligned}$$

[0075] Under these conditions, the silicon removal rate for 0.4-2.0-micrometer/was obtained. In order to guarantee a machine throughput (throughput) high enough, the removal rate for 0.65-1.8-micrometer/is advantageous within the limit [of this invention]. It is a removal rate for 0.8-1.5-micrometer/especially advantageous.

[0076] According to the theoretical interpretation used as a key when you understand polishing for which all another ingredient removal methods are also similarly treated [that it is applicable and] the same, it is supposed that it is proportional the removal rate to a polishing pressure P and the relative velocity v of a silicon wafer / polishing pad (formula of Preston). According to this, in a fixed rotation property, increase of a pressure raises a removal rate, or relative velocity becomes possible [changing the combination of a rotation parameter and bringing about the same polishing result], while it has been the same.

[0077] This formula becomes usable only in the restricted range the case of the approach, for example, double-sided polishing, of working by both-sides side especially. The improvement in P and/or the removal rate by increase of v_o/v_u is because the aggravation of display flatness expressed as SFQRmax or increase of the scratch rate by the ingredient sediment for example, on a polishing pad is made to often concur with. Therefore, it groped for the optimal combination of an orbital curve and a pressure within the limit of this invention.

[0078] The various combination of Parameters n_o , n_u , n_a , and n_i showed [of the relative point P] that a various orbital curve and various relative velocity could be variously formed to the polishing pad of a top or the bottom under use of a formula (20), a formula (21), and a formula (23). Some examples are drawn on drawing 4 a - drawing 9 f, theoretically, as small as the open orbital curve (drawing 4 a - drawing 4 f and drawing 7 a - drawing 9 f) mentioned in this way -- the orbital curve (drawing 5 a - drawing 5 f and drawing 6 a - drawing 6 f) closed after some loop-formation formation is distinguishable. Furthermore, about the open orbital curve, it is distinguishable on the curve (drawing 7 a - drawing 9 f) which has the curve given comparatively weakness, and the curve (drawing 4 b, drawing 4 d, drawing 4 f) which has the curve given strength.

[0079] The closed orbital curve appears periodically in the variation of the engine speed within the indicated limits. For example, :duplex loop formation the orbital curve closed in the range of the following rotating speed is accepted to be about $n_a=5.4\text{r.p.m.}$ and $n_i=-16\text{r.p.m.}$: $n_o=25.69\text{r.p.m.}$ and $n_u=-23.96\text{r.p.m.}$

3-fold loop formation: $n_o=19.48\text{r.p.m.}$ and $n_u=-17.75\text{r.p.m.}$

4-fold loop formation: $n_o=17.41\text{r.p.m.}$ and $n_u=-15.69\text{r.p.m.}$

5-fold loop formation: $n_o=16.38\text{r.p.m.}$ and $n_u=-14.65\text{r.p.m.}$

6-fold loop formation: $n_o=15.76$ r.p.m. and $n_u=14.03$ r.p.m.

1-fold loop formation: $n_o=13.28$ r.p.m. and $n_u=11.55$ r.p.m.

3-fold rose form curve: $n_o=10.17$ r.p.m.

The single loop formation is drawn on drawing 5 a - drawing 5 f, and 3-fold loop formation and 4-fold loop formation are drawn on drawing 6 a - drawing 6 f.

[0080] Movement of a relative silicon wafer results in bringing about the uneven load of a polishing pad to the up-and-down polishing pad expressed by movement of point P-P' in alignment with the closed orbital curve. To it, a polishing pad does not fully loosen, before this polishing pad scrapes with the following silicon wafer in accordance with these orbits to the 1st, after compressing into a polishing process, but this spoils the wafer display flatness obtained. In accordance with the orbit of the maximum load, the preferential sediment of the silicon by which polish removal was carried out, or its resultant is performed [2nd], and, partially, this is recognized by this contractor per formation of the stripe of the brown in the polishing pad which carried out opening to the fall of a removal rate, and the front face on which the silicon wafer was scratched. Such effectiveness is the purposes which obtain an especially more high removal rate, for example, when increase with a polishing pressure of 0.18-0.25 bars is carried out from 0.10-0.15 bars, it appears.

[0081] this invention -- obtaining -- a sake -- an experiment -- within the limit -- drawing 5 -- a - drawing 6 -- f -- drawing -- having -- **** -- as -- six -- being equal -- or -- or -- six -- being small -- a loop formation -- a number -- having -- having closed -- an orbital curve -- or -- almost -- having closed -- an orbital curve -- avoiding -- having -- if -- geometry -- polish -- a scratch -- receiving -- being remarkable -- being inconvenient -- effect -- nothing -- a polishing pressure -- increase -- attaining -- having -- things -- I understand . This can be performed about the example of for example, ring rotational frequency $n_a=5.4$ with drive pin r.p.m., and $n_i=16$ r.p.m. by avoiding the range of the rotational frequencies n_o and n_u indicated further in the top for an up-and-down turn table (that is, $**0.1 - **0.25$ r.p.m.). For the improved combination about the ring rotational frequencies n_a and n_i with a drive pin, these criticality-values are shifted and, generally the same orbital drawing may be expected in this case. Such demand of avoiding a criticality-orbital curve is filled in the orbital curve drawn on drawing 7 a - drawing 9 f.

[0082] The closed orbital curve which has the larger number of loop formations than 6, or the orbital curve closed mostly means covering all polishing pads to homogeneity as a matter of fact, and becomes non-criticality-like within the limit of this invention.

[0083] The 2nd condition which becomes important for this invention is related with the radius of curvature produced during progress of an orbital curve 8. When said increase with a polishing pressure of 0.18-0.25 bars was especially carried out from 0.10-0.15 bars, in order to obtain especially the display flatness of a silicon wafer high enough conjointly with braking of the relative motion to which sudden direction change of an orbital curve is carried out in this part, it turned out that it becomes inconvenient. In the transit format in the upper limit of a pressure range, there is a possibility that the situation where a silicon wafer is pulled out by devotion from a carrier may arise. This will cause destruction impossibly and, generally a silicon wafer and not only a polishing pad but a carrier set will be destroyed in this case. In drawing 4 b, such an example of a transit format takes lessons from a point 9, and is shown. The criticality--in this way radius of curvature of an orbital curve 8 may appear in a high carrier rotational speed compared with comparatively low polish rotating speed ($<10 \dots 12$ r.p.m.) and rotating speed relatively.

[0084] Therefore, in order to raise the removal rate in double-sided polishing without the need of submitting to quality loss, the radius of curvature of an orbital curve lower than the radius of curvature of the inside ring 5 with a drive pin other than the closed orbital curve must also be avoided. Though natural, these two conditions must become effective in coincidence about a relative orbital curve to an up-and-down turn table. Within the limit of this invention, what kind of orbital curve becomes possible [foreseeing correctly whether two conditions mentioned above are fulfilled] by using a formula (20) and a formula (21). It turned out that only the specific selection of much combination which accomplishes the object of this invention and which becomes possible from n_o , n_u , n_a , and n_i is proved

in actual use from the reason for the above as it is advantageous.

[0085] Double-sided polishing of a silicon wafer can be performed at 0.8 and the typical removal rate for 1.5-micrometer/in the orbital velocity v_o of $1.0-1.8\text{m/second}$ or v_u , and the pressure of 0.18-0.25 bars using these conditions by which this invention is characterized. According to the publication of the Federal Republic of Germany patent No. 19905737 specification the case of the approach by the well-known advanced technology in the same frame conditions, the removal rate for 0.55-micrometer/is common by the pressure of 0.15 bars, for example.

[0086] This invention may be used by removing an equivalent ingredient from the field on the side front of a silicon wafer, and the field on a background. This is performed in a certain amount of precision, when v_o and v_u are chosen almost equally. However, more ingredients are also removable from the field of one side, for example, the field on a side front, with suitable selection of v_o and v_u . Thereby, in the lowest overall possible total amount of removal, removal of the surface discontinuity of the crystal layer which exists in the field on a side front and which deteriorated, or others is guaranteed. In order to guarantee uniform processing of an up-and-down polishing pad, when [though natural,] desirable, the optimized orbital curve can be used also for [for use of the brush disk for pad cleaning] use of the carrier occupied with the grinding stone for pad conditioning.

[0087] Within the limit of a configuration of having been formed about a rotation property and pressure characteristics, a double-sided polishing step is carried out in the format known by this contractor.

[0088] It is advantageous if polishing is performed using the polyurethane polishing pad of marketing of the degree of hardness (Shore A) of 50-100. This polishing pad may have embedded strengthening polyester fiber. In polishing of a silicon wafer, supplying continuously the underwater abrasive material which consists of 1 - 5% of the weight of SiO_2 advantageously and which has the pH value of 9.5-12.5 advantageously is recommended.

[0089] In order to terminate a polishing step, passivation of the chemical very reactant hydrophobic wafer front face must be carried out. If this is performed by supplying one sort of liquids containing one sort or several sorts of coat morphogenetic substances, or supplying several sorts of liquids one by one, it is advantageous within the limit [of this invention]. Thereby, the front face, rear face, and edge where the silicon wafer was ground are ** made perfect by liquid membrane. In this case, generally the density range of 0.01 - 10 capacity % of the coat morphogenetic substance in a stop agent becomes convenient. Especially the thing for which one sort or several sorts of matter which becomes removable in cleaning of the consecutiveness from the group of a compound who has the alcohol of monovalence or many ** , polyalcohol, and a surfactant is used is advantageous. Same especially the configuration of an advantageous stop process that realizes the same principle is supplying the aqueous abrasive material which contains one sort or several sorts of matter from said group of a compound in the content of 0.01 - 10 capacity % and which made SiO_2 the subject.

[0090] A silicon wafer is picked out from a polishing machine after a stop agent and termination of supply of pure water by the case, and is cleaned based on the well-known advanced technology, and is dried. Then, evaluation of the silicon wafer about the quality description specified by the processing person who was able to affect it by the polishing step, and who processes a wafer succeedingly is performed by the approach learned by this contractor. Such a description may be local geometry data detectable [with the measuring equipment of marketing which operates by for example, the electrostatic-capacity principle or the optical principle]. Another quality description evaluated may be a property about the front face, rear face, and/or edge of a wafer. In this case, it becomes important especially to carry out the visual judgment of generating of the defect which deviated from the ideal silicon front face of a scratch, a spot, and others, and its scale under the beam of light which it converged powerfully. Furthermore, it becomes convenient to inspect granularity, topology, and metal contamination (contamination) by the commercial measuring instrument, for example, or it may be needed.

[0091] The silicon wafer manufactured by this invention is not inferior at all about these parameters used for wafer characterization compared with the silicon wafer manufactured by the well-known advanced technology. The silicon wafer manufactured by this invention is equal to 0.13 micrometers, or

it is suitable in order to manufacture the semi-conductor configuration component which has line breadth smaller than it. Especially, it is equal to 0.13 micrometers, or the very high site locally display flatness expressed as SFQRmax smaller than it is conjointly obtained with a front face without a scratch. based on improvement in the removal rate for carry out ingredient removal processing of the improvement in productive efficiency which become possible by this invention of the facility by optimization of an orbital curve, as a result the semiconductor wafer to coincidence by both sides, compared with the approach by the well-known advanced technology, at a low price, it see with the whole process chain, and only a maximum of 40% per 1 time of double-sided ingredient removal process step can manufacture a semi-conductor wafer at a low price, and mean an advantage with this decisive in respect of competition only a maximum of 15%.

[0092] It may be necessary to give surface polishing for acquiring the field on the side front ground without Hayes by the well-known advanced technology in the field on the side front of a wafer in relation to another application, for example, surface polishing performed using an elastic polishing pad using the alkaline abrasive material which made SiO₂ the subject to the bottom of 0.1-1-micrometer removal of silicon. According to a request, heat treatment of a silicon wafer can be introduced in the part of the arbitration of a process chain. Doping material reduction which for example, the heat donor was eliminated, or deterioration of the crystal layer near the front face was recovered by this, or was meant is made to arise. Covering to the silicon wafer side front side of the epitaxy layer which consists of covering, the silicon, or another semiconductor material of the rear-face enveloping layer which consists of a series of another process steps which are needed for a regular product, for example, polish recon, a silicon dioxide, or silicon nitride is incorporable into a process chain by the approach too learned by this contractor in a suitable part. Furthermore, it is the various parts of a process chain, for example, the load of the silicon wafer can also be carried out by clear differentiating characteristics, for example, laser marking, before etching.

[0093] The example of a comparison, the example of an example comparison, and an example are related with double-sided polishing of a silicon wafer which has the diameter of 300mm on a production scale. These silicon wafers are manufactured by etching and edge polishing in the wire sewing of a single crystal, edge RAUNDINGU, double-sided sequential surface grinding, and the condensed nitric acid / hydrofluoric-acid mixture with the well-known advanced technology, and had the thickness of 805 micrometers. These silicon wafers were ground by even the last thickness of 775 micrometers using five carriers which have the notch of three each which was lined by PVDF and which consist of stainless steel chrome steel with a thickness of 770 micrometers, in order to hold a silicon wafer. As a polishing pad, the polyester strengthening polyurethane pad of marketing of a degree of hardness 74 (Shore A) was used. The aquosity abrasive material contained 23 % of the weight of SiO₂(s), and had the pH value of 11.5. Temperature control of the up-and-down turn table was carried out to 38 degrees C, respectively.

[0094] The stop agent containing glycerol 1 capacity %, butanol 1 capacity %, and surfactant 0.07 capacity % was supplied to the bottom of the pressure reduced after polishing termination. Geometry measurement by the geometry measuring instrument which operates after cleaning and desiccation based on the visual inspection under the Hayes light and an electrostatic-capacity principle was performed. In this way, the decision criteria for handing over the processed wafer were that a surface scratch is absent and that the local site display flatness SFQRmax of 0.12 micrometers about a 25mmx25mm plane lattice is attained. After treatment of the silicon wafer which does not fulfill these conditions was carried out to the bottom of 5-micrometer additional removal of a semiconductor material by the well-known advanced technology. The geometry measuring instrument was used also in order to measure the thickness of a silicon wafer before polishing and after polishing. The removal rate of a polishing process can be measured from this. Distribution of the amount of removal in the front face and rear face of a silicon wafer was measured with the test disk which has laser marking. In this case, the depth of laser marking was measured under the microscope a polishing front and after polishing, respectively.

[0095] The following tables express the important process data about the examples 1-3 (=V1-V3; equivalent to the orbital curve of drawing 4 a - drawing 6 f) of a comparison, and Examples 1-3 (=B1-

B3; equivalent to the orbital curve of drawing 7 a - drawing 9 f). The invention conditions for an orbital curve (a) are equal to 6, or mean that the closed orbital curve which has the loop formation of the number smaller than 6, or the orbital curve closed mostly does not exist. Conditions (b) are equal to the radius of curvature of the inside ring 5 with a drive pin, or it means that radius of curvature smaller than it does not exist. Both conditions must correspond about the orbital curve of a relative silicon wafer to an up-and-down turn table, respectively.

[0096]

[Table 1]

例	r_{10} (μm)	r_{11} (μm)	r_{12} (μm)	r_{13} (μm)	r_{14} (μm)	r_{15} (μm)	r_{16} (μm)	r_{17} (μm)	r_{18} (μm)	r_{19} (μm)	測定された 条件
V1	+10.0	-10.0	+4.0	-19.0	13.34	-0.88	-0.71	+0.69	(a)		
V2	+13.3	-11.6	+5.4	-16.0	12.41	+0.86	-0.81	+0.90	(b)		
V3	+19.5	-15.7	+5.4	-16.0	12.41	+0.86	-1.22	+1.17	(b)		
B1	+16.0	-13.0	+5.4	-16.0	12.41	+0.86	-0.99	+0.99	(a)+(b)		
B2	+20.0	-20.0	+4.0	-19.0	13.34	-0.88	-1.37	+1.35	(a)+(b)		
B3	+23.0	-15.5	+4.0	-19.0	13.34	-0.88	-1.57	+1.05	(a)+(b)		

[0097] A lot of silicon wafers were processed using the indicated process conditions. In this case, polishing was first performed by the low pressure and polishing was performed by the succeeding high pressure. In order to guarantee the same start conditions, a polishing pad respectively new about each experiment train was used. The result related with an average removal rate and the wafer quality after cleaning is shown in the following tables. They are the front face of VS= silicon wafer, and the rear face of RS= silicon wafer. At relative process cost, post-polish of the wafer unsuitable for specification is taken into consideration.

[0098]

[Table 2]

例	研磨圧 (bar)	除去速度 ($\mu\text{m}/\text{min}$)	除去分布 VS/RS (μm)	SPM_{max} $\leq 0.12 \mu\text{m}$	表面 スクラッチ	相対プロセス コスト
V1	0.125	0.48	15/15	YES	NO	1.15
	0.150	0.54	15/15	YES	僅少	1.24
	0.200	0.68	測定されず	NO	YES	>> 1
V2	0.150	0.58	14.5/15.5	NO	YES	>> 1
V3	0.125	0.58	15/15	YES	NO	1.00
	0.150	0.63	15/15	80 %	NO	1.21
	0.200	0.82	測定されず	NO	YES	>> 1
B1	0.150	0.67	15/15	YES	NO	0.90
B2	0.125	0.66	15/15	YES	NO	0.89
	0.150	0.79	測定されず	YES	NO	0.81
	0.200	1.02	15/15	YES	NO	0.68
	0.225	1.10	測定されず	95 %	NO	0.72
B3	0.150	0.76	16.5/13.5	YES	NO	0.82
	0.200	0.97	17/13	YES	NO	0.71

[0099] The above-mentioned table shows that the approach by this invention for carrying out double-sided polishing of the silicon wafer has the remarkable cost advantage compared with the approach it is equal to 0.15 bars, or according to the well-known advanced technology to the time of use of a bigger polishing pressure than it.

[Translation done.]

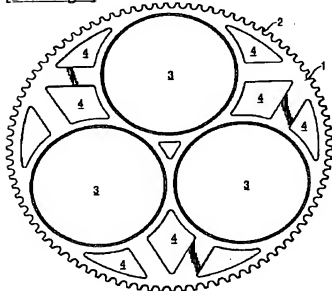
* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

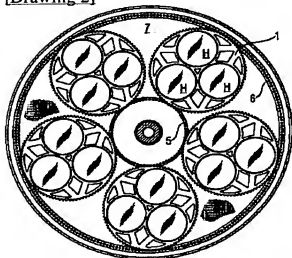
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

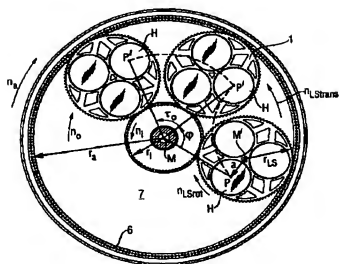
[Drawing 1]



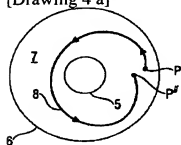
[Drawing 2]



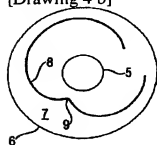
[Drawing 3]



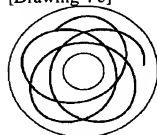
[Drawing 4 a]



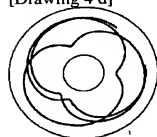
[Drawing 4 b]



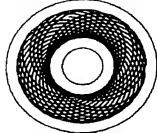
[Drawing 4 c]



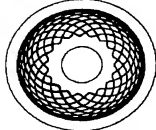
[Drawing 4 d]



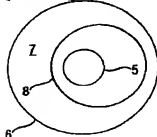
[Drawing 4 e]



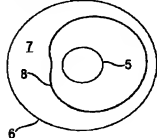
[Drawing 4 f]



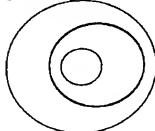
[Drawing 5 a]



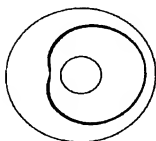
[Drawing 5 b]



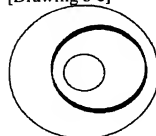
[Drawing 5 c]



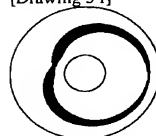
[Drawing 5 d]



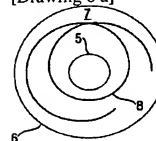
[Drawing 5 e]



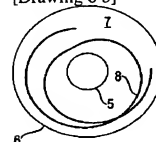
[Drawing 5 f]



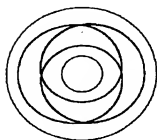
[Drawing 6 a]



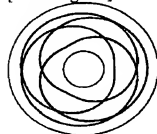
[Drawing 6 b]



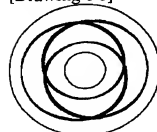
[Drawing 6 c]



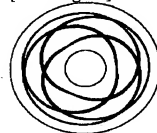
[Drawing 6 d]



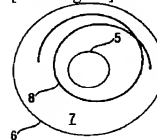
[Drawing 6 e]



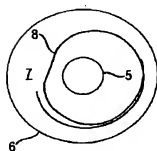
[Drawing 6 f]



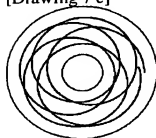
[Drawing 7 a]



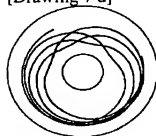
[Drawing 7 b]



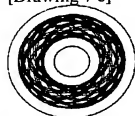
[Drawing 7 c]



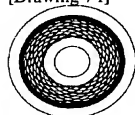
[Drawing 7 d]



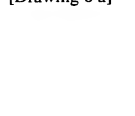
[Drawing 7 e]

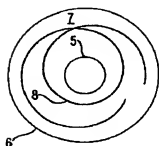


[Drawing 7 f]

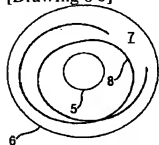


[Drawing 8 a]

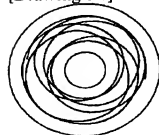




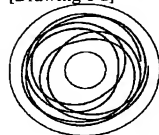
[Drawing 8 b]



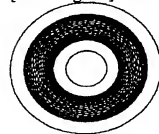
[Drawing 8 c]



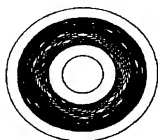
[Drawing 8 d]



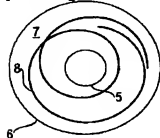
[Drawing 8 e]



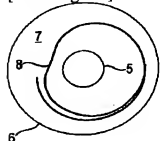
[Drawing 8 f]



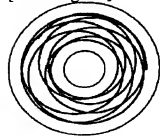
[Drawing 9 a]



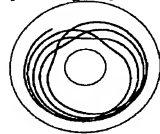
[Drawing 9 b]



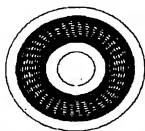
[Drawing 9 c]



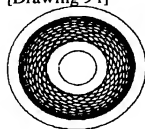
[Drawing 9 d]



[Drawing 9 e]



[Drawing 9 f]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-77870

(P2003-77870A)

(43) 公開日 平成15年3月14日 (2003.3.14)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
H 0 1 L 21/304	6 2 1 6 2 2	H 0 1 L 21/304	6 2 1 A 3 C 0 5 8 6 2 2 D 6 2 2 F
B 2 4 B 37/00		B 2 4 B 37/00	C H
審査請求 有 請求項の数14 O L (全 17 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2002-197760 (P2002-197760)

(22) 出願日 平成14年7月5日 (2002.7.5)

(31) 優先権主張番号 1 0 1 3 2 5 0 4 . 5

(32) 優先日 平成13年7月5日 (2001.7.5)

(33) 優先権主張国 ドイツ (D E)

(71) 出願人 599119503

ワッカー シルトロニック アクチエンゲ
ゼルシャフトWacker siltronik AG
ドイツ連邦共和国 ブルクハウゼン ヨハ
ネスーヘスーシュトラッセ 24

(72) 発明者 グイド ヴェンスキー

ドイツ連邦共和国 ブルクハウゼン アム
フォルストポイント 28

(74) 代理人 100061815

弁理士 矢野 敏雄 (外4名)

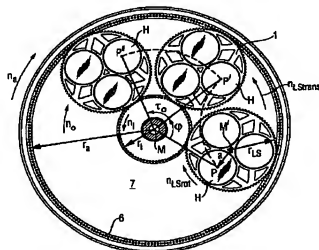
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体ウェーハを同時に両面で材料除去加工するための方法

(57) 【要約】

【課題】 加工機械当たりの、規定された品質の半導体ウェーハの一層高い生産率によりコスト利点をもたらすような方法を開発する。

【解決手段】 半導体ウェーハが、外側の駆動ピン付リング6と、内側の駆動ピン付リング5とにより回転させられたキャリア1内に位置している状態で、該半導体ウェーハを、互いに逆向きに回転する2つの研磨定盤7の間で、それぞれ上側の作業定盤に対して相対的な所定の軌道曲線と、下側の作業定盤に対して相対的な所定の軌道曲線とにより描くことのできる運動様式で運動させ、この場合、両軌道曲線が、中心点を巡る6つのループの形成後に、また開いた外観を有しており、かついかなる箇所でも、内側の駆動リングの半径と少なくとも同じ大きさの曲率半径を有している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 表面と裏面とを有する半導体ウェーハを同時に両面で材料除去加工するための方法であって、半導体ウェーハが、環状の外側の駆動リングと、環状の内側の駆動リングとにより回転させられたキャリア内に位置している状態で、該半導体ウェーハを、互いに逆向きに回転する2つの作業定盤の間で、それぞれ上側の作業定盤に対して相対的な所定の軌道曲線と、下側の作業定盤に対して相対的な所定の軌道曲線とにより描くことのできる運動様式で運動させる形式の方法において、両軌道曲線が、(a) 中心点を巡る8つのループの形成後に、まだ開いた外縁を有しており、かつ

(b) いかなる箇所でも、内側の駆動リングの半径と少なくとも同じ大きさの曲率半径を有していることを特徴とする、半導体ウェーハを同時に両面で材料除去加工するための方法。

【請求項2】 同時に両面で行われる材料除去加工を、少なくとも2μmの半導体材料除去下にポリッシングパッドで覆われた2つの研磨定盤の間で行われる両面ポリッシングとして実施する、請求項1記載の方法。

【請求項3】 半導体ウェーハが、鋼から成る複数の平らなキャリアにそれぞれ設けられた、キャリアとはほぼ同じ厚さのプラスチックでライニングされた複数の切欠き内に位置しており、キャリアの平均厚さが、研磨し終えた半導体ウェーハの平均厚さよりも2〜20μmだけ小さく設定されている、請求項2記載の方法。

【請求項4】 半導体材料の除去速度が、少なくとも0.65μm/分である、請求項2または3記載の方法。

【請求項5】 キャリアの平均厚さが、研磨し終えた半導体ウェーハの平均厚さよりも3〜10μmだけ小さく設定されており、半導体材料の除去量が5〜50μmである、請求項2から4までのいずれか1項記載の方法。

【請求項6】 少なくとも3枚の半導体ウェーハを同時に研磨し、少なくとも3つのキャリアを同時に使用する、請求項2から5までのいずれか1項記載の方法。

【請求項7】 50〜100の硬度(ショアA)を有する、主としてポリウレタンから成る上下のポリッシングパッドを使用し、1〜5重量%のSiO₂ 固体含量と、9.5〜12.5のpH値とを有する研磨剤を連続的に供給する、請求項2から6までのいずれか1項記載の方法。

【請求項8】 上側の研磨定盤と下側の研磨定盤とに対して相対的な半導体ウェーハの比較可能な平均軌道速度を設定することにより、表側の面と裏側の面とからほぼ等量の材料を除去する、請求項2から7までのいずれか1項記載の方法。

【請求項9】 下側の研磨定盤に対して相対的な半導体ウェーハの平均軌道速度に比べて、上側の研磨定盤に対して相対的な半導体ウェーハの平均軌道速度を高めに設

定することにより、半導体ウェーハの表側の面から、裏側の面よりも多くの材料を除去する、請求項2から7までのいずれか1項記載の方法。

【請求項10】 同時に両面で行われる材料除去加工を、少なくとも10μmの半導体材料除去下に2つのラップ定盤の間で行われる両面ラッピングステップとして実施する、請求項1記載の方法。

【請求項11】 半導体ウェーハが、鋼から成る複数の平らなキャリアにそれぞれ設けられた、プラスチックでライニングされた複数の切欠き内に位置して、砥粒を含有した懸濁液の供給下に、通路状の凹部を備えた鋼から成る2つのラップ定盤の間で運動する、請求項10記載の方法。

【請求項12】 表側の面と裏側の面とから等量の材料を除去する、請求項10または11記載の方法。

【請求項13】 同時に両面で行われる材料除去加工を、少なくとも10μmの半導体材料除去下に研削砥石で覆われた2つの作業定盤の間で行われる両面研削ステップとして実施する、請求項1記載の方法。

【請求項14】 当該方法を、25mm×25mmの構成素子面に關する、0.13μmに等しいか、またはそれよりも小さいローカルサイト平坦度SFQR_{max}を有するシリコンから成る半導体ウェーハを製造するためのプロセス領域内で使用する、請求項1から13までのいずれか1項記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、上側の加工定盤および下側の加工定盤に対して相対的な半導体円板、つまり半導体ウェーハ(wafer)の最適化された軌道曲線を使用して、半導体ウェーハを同時に両面で材料除去加工するための方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体ウェーハを製造するための典型的な一連のプロセス(「プロセス鎖」と呼ぶ)は、次に挙げるような複数のプロセスステップを包含している:ソウを用いたスライシング—エッジラウンディングもしくはベベルラッピングまたは研削—湿式化学的なエッチング—ポリッシングならびに上に挙げたプロセスステップのうちの少なくともいくつかのプロセスステップの前に行われるクリーニングステップ。特に、たとえば0.13μmまたは0.10μmの線幅を有する次世代の構成素子を製作するための出発製品として使用したい半導体ウェーハでは、平行平面性および平坦度に対して高い要求が課せられる。このことは、上に挙げた事例では、平坦性の尺度である、たとえば25mm×25mmの構成素子面に關する、0.13μmまたは0.10μmに等しいか、またはそれよりも小さい平坦度SFQR_{max}(SFQR=site front surface referenced least square

3

res)により表すことができる。このような要求には、プロセス鎖において少なくとも1つの製作ステップを、半導体ウェーハの表面および裏面を同時に加工するステップとして実施することにより応えることができる。このようなプロセスの例は、両面ラッピング、両面研削および両面ポリシングであり、これらのプロセスは、シングルウェーハプロセス（枚葉式プロセス）として実施されるか、または約5〜30枚の半導体ウェーハを同時加工しながら実施される。

【0003】同時に複数の半導体ウェーハを両面ラッピングする技術は、かなり以前より知られており、たとえば欧州特許出願公開第547894号明細書に記載されている。複数の製造業者の種々のサイズの適当な設備が市場で入手可能である。この場合、半導体ウェーハは、砥粒（Abrasive）を含有した懸濁液の供給下、当業者により「ラップ定盤」と呼ばれる、たいていは鋼から成っていて、かつ懸濁液を良好に分配するための複数の通路を備えている上下の作業定盤の間で、ある程度の圧力で加圧されながら運動させられ、これにより半導体材料が除去される。この場合、半導体ウェーハは、駆動リングによって回転させられた、半導体ウェーハを収容するための複数の切欠きを備えた「キャリア」と呼ばれる回転ディスクによって、所定の幾何学的軌道に沿って保持される。

【0004】ラッピングの役目は、半導体結晶のスライシング工程でのソーニング時に形成された、表面近傍の加工変質層（「ダメージ」）を除去し、かつ半導体ウェーハの規定の厚さおよび平行平面性を形成することである。典型的な除去量は半導体材料20μm〜120μmであり、この除去量は半導体ウェーハの両面に均一に分配されていることが有利である。

【0005】半導体ウェーハを両面研削するための方法もやはり知られており、最近ではコスト利点に基づき、ラッピングに代わる手段としてみます多く使用されつつある。これに関連して、たとえばドイツ連邦共和国特許出願公開第19626396号明細書には、複数の半導体ウェーハを同時に加工する方法が記載されている。この方法は、両面ラッピングの場合の運動と類似した半導体ウェーハの運動を用いて行われる。両面研削には、この場合、ラッピングと同じ役目が課せられる。すなわち、典型的な除去量も比較可能となる。

【0006】半導体ウェーハを両面ポリシングするための方法は、ラッピングを進化させたものである。この場合、作業定盤である上下のラップ定盤の代わりに、研磨布もしくはポリシングパッドを貼り付けられた平らな研磨定盤が使用され、そしてたいていはアルカリ性に安定化されたコロイドを含有した研磨懸濁液（研磨スラリー）が供給される。米国特許第585735号明細書の記載によれば、8重量％（wt%）の固体濃度が望まれると、化学的機械的な両面研磨から、ラッピングモード

4

の両面粗研磨への移行が行われる。

【0007】この場合には、半導体ウェーハは、回転させられたキャリアによって、一般に互いに逆向きに回転する上下の研磨定盤において、規定された軌道に沿って運動させられる。これに関連したポリシング機は、たとえばドイツ連邦共和国特許出願公開第10007390号明細書に記載されている。高い平坦度を得るために半導体ウェーハを両面研磨するための方法は、ドイツ連邦共和国特許第19905737号明細書に基づき公知であり、この場合、研磨し終えた半導体ウェーハの厚さは、特殊鋼から成るキャリアよりも2〜20μmだけしか大きくない。この方法を用いると、25mm×25mmの構成要素面を有する格子パターンに関するSFQR...として表されるローカルサイトな平坦度値が0.13μmに等しいか、またはそれよりも小さくなるような半導体ウェーハを得ることができる。このような半導体ウェーハは、0.13μmに等しいか、またはそれよりも小さい線幅を有する半導体構成要素プロセスのために必要となる。両面ポリシングによる後加工のための方法がドイツ連邦共和国特許第19956250号明細書に記載されている。半導体ウェーハの縁部を保護するために、キャリアは、欧州特許第208315号明細書に記載の構成により、半導体ウェーハを収容するためのブラスチックでライニングされた切欠きを有している 것과都合である。キャリアの切欠きをこのようなブラスチックでライニングすることは、ラッピングにおいてもたびたび使用されている方法である。

【0008】両面ポリシングの役目は、半導体ウェーハの最終的な平行平面性および平坦度を調節し、かつ前プロセス、たとえばラッピングまたは研削およびこれに続くエッチングからの加工変質された結晶層ならびに表面ラフネス（粗さ）を取り除くことである。両面研磨された半導体ウェーハの高い平坦度が得られると同時に、これと相まって、パーティクル付着傾向の減じられた、研磨された裏側の面も得られることに基づく。このような材料除去ポリシング法は特に200mm以上の直径の半導体ウェーハの製造時には、表側の面の片面ポリシングよりも著しく重要となっている。典型的な除去量はこの場合、半導体材料10μm〜50μmである。

【0009】両面ポリシングの場合には、たいていは半導体ウェーハの表側の面と裏側の面とから等量の材料が除去される。それに対して、国際公開第00/38637号パンフレットには、両面ポリシングにおいて、上側の研磨定盤の高められた回転数により実現することできる、高められた表側での材料除去量により、ウェーハ裏面に意図的に変質された結晶層を残す方法が記載されている。ドイツ連邦共和国特許出願公開第19704546号明細書に記載によれば、多段式の裏面、つまり両面ポリシング—たとえば酸化物による面の被覆—一度の両面ポリシングのステップから成る方法によっても、こ

のような非対称的な材料除去を行うことができる。

【0010】半導体ウェーハの製造者として競争力を維持してゆくためには、要求された品質の製作をできるだけ低いコストで可能にするプロセスおよび方法を提供することが迫られている。手掛かりとなる重要なポイントは、機械当たりの半導体ウェーハの生産率をできるだけ高い程度にまで向上させることである。このことは両面ポリッシングの場合では、たとえばポリッシングパッドの高い可変時間と関連した高い除去率もしくは除去速度 (Abrasive rate) を実現することを意味する。両面加工のために働くラッピング法および研削法についても、同様のことが云える。ただし、作業定盤の場合では、ポリッシングパッドの寿命の代わりにラップ定盤もしくは砥石定盤の寿命が問題となる。

【0011】公知先行技術によるこれらの方法の欠点は、両面ラッピング、両面研削および両面ポリッシングにおいて、特定の製品特性、たとえば高い平坦度および／または表面スクラッチの不在を維持しながら、規定された材料除去量において、高められた機械処理量もしくは短縮されたサイクル時間を実現することが不可能であることである。加工圧を高めることにより半導体材料の除去速度を向上させるという試みは、平坦度の劣化および／または表面スクラッチの発生を招き、これにより、こうして製造されたウェーハは引き続き加工することができず、廃棄されるか、または高められたコスト手間をかけて後処理されなければならない。

【0012】米国特許第6180423号明細書には、キャリアにより保持されかつその中心点を中心にして回転するように、同じく回転する研磨定盤を介して運動させられる唯一枚の半導体ウェーハの片面ポリッシングの場合に、ポリッシングパッドに対して相対的な半導体ウェーハの軌道曲線が、ポリッシングパッドの回転速度 m 対キャリアの回転速度 n の比に関連していることが記載されている。すなわち、このような渦巻状もしくは螺旋状の軌道曲線によってポリッシングパッドができるだけ均一にカバーされることが記載されている。このことは、 m および n のできるだけ高い最小公倍数により達成される。ポイントでは、永続的に高められた除去速度および改善されたポリッシングパッド寿命が確認されている。この方法も、上で述べた公知先行技術における欠点を減らすことができる。なぜならば、両面側で働く材料除去加工法、つまりキャリアの回転が、研磨定盤に対して相対的な、機械中心を中心とした並進運動によって重畳されていて、したがって2の自由度の代わりに4の自由度 (上側の定盤および下側の定盤の回転数、キャリアの内側の駆動装置および外側の駆動装置の回転数) が配慮されなければならないような材料除去加工法への適用が不可能であるからである。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】したがって、たとえば

ラッピング、研削またはポリッシングにより半導体ウェーハを同時に両面で材料除去加工するための方法を改良して、加工機械当たりの、規定された品質の半導体ウェーハの一番高い生産率によりコスト利点をもたらすような方法を開発するという課題が課せられた。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の対象は、表面と裏面とを有する半導体ウェーハを同時に両面で材料除去加工するための方法であって、半導体ウェーハが、環状の外側の駆動リングと、環状の内側の駆動リングとにより回転させられたキャリア内に位置している状態で、該半導体ウェーハを、互いに逆向きに回転する2つの作業定盤の間で、それぞれ上側の作業定盤に対して相対的な所定の軌道曲線と、下側の作業定盤に対して相対的な所定の軌道曲線とにより描くことのできる運動様式で運動させる形式の方法において、両軌道曲線が、(a) 中心点を巡る6つのループの形成後に、また開いた外観を有しており、かつ (b) いくつもの箇所でも、内側の駆動リングの半径と少なくとも同じ大きさの曲率半径を有していることを特徴とする、半導体ウェーハを同時に両面で材料除去加工するための方法である。

【0015】

【発明の効果】言い換えれば、両軌道曲線は中心点を巡る6つまたはそれよりも少ないループの形成後に、それ自体閉じられていないか、またはそれ自体ほとんど閉じられておらず、しかも両軌道曲線はいかなる箇所でも、内側の駆動リングの曲率半径よりも小さな曲率半径を有していないことになる。

【0016】本発明による軌道曲線はその形状に関し

て、キャリアの駆動と作業定盤の駆動とによって複数の運動が重畳されていることにより、公知先行技術による片面ポリッシングの、厳密な螺旋状の曲線とは異なる。本発明の大きな特徴は、上側の作業定盤も下側の作業定盤も、作業定盤に対して相対的な半導体ウェーハ運動の軌道曲線で均一に覆い尽くされるだけでなく、急激な方向変化も行われないことである。たとえば両面ポリッシングの場合では、第1の要求に基づき、上下のポリッシングパッドの均一な摩耗および迅速な再生が保証されており、そして第2の要求に基づき、半導体ウェーハの滑らかな非定行様式が回避され、これによりキャリアの振動および／または半導体ウェーハの傾動、ひいては平坦度の悪化や、最悪の場合にはキャリアからの進出による半導体ウェーハの破壊をも招く危険が回避される。このような関連性が存在することは意想外であり、全く予見することができなかった。両面ラッピングおよび両面研削に関しても、両面ポリッシングについて述べた考察結果と同様のことが云える。

【0017】当該方法の出発製品は、公知の形式で結晶から分離され、エッジラウディングされ、かつ場合によっては別のプロセスステップに施された半導体ウェー

ハである。この半導体ウェーハは、方法および目的設定に応じて、ソーイングもしくはスライシングされたか、研削されたか、エッチングされたか、研磨されたか、またはエピタキシャル成長された表面を有している。所望に応じて、半導体ウェーハの縁部が研磨されているように。

【0018】当該方法の最終製品は、両面ラッピングされたか、両面研削されたか、または両面研磨されていて、高い平坦度および無スクラッチ性を有しており、さらに、公知先行技術により製造された同品質の半導体ウェーハより、製造コストの点で優っているような半導体ウェーハである。

【0019】本発明による方法は、たとえばラッピング、研削およびポリシングによって、これらの方法により加工可能となる材料から成る種々様々なディスク状の物体を両面加工するために使用することができる。このような材料は、たとえばガラス、たとえば二酸化ケイ素を主体としたガラス、および半導体、たとえばシリコン、シリコン/ゲルマニウムおよびガリウムヒ素である。引き続き電子構成要素、たとえばプロセスおよびメモリ素子の製作を使用するための単結晶の形のシリコンが、本発明の枠内では特に有利である。

【0020】本発明による方法は、特に200mmに等しいか、またはそれよりも大きい直径と、500μm〜1200μmの厚さとを有する半導体ウェーハを加工するために適している。このような半導体ウェーハは、直接に半導体構成要素を製造するための出発材料として使用され得るか、または別のプロセスステップ、たとえば湿式化学的なエッチングまたはプラズマエッチング、ポリシングの実施後に、かつ/または裏面封印層またはウェーハ表側の面のエピタキシャル被覆層のような層の被着後に、かつ/または熱処理によるコンデショニングの後に、対応する使用目的に供給され得る。均質材料から成るウェーハの製造の他に、本発明はもちろん、多層構造に形成された半導体基板、たとえばSOIウェーハ(silicon-on-insulator)を製造するためにも使用され得る。

【0021】引き続き、本発明による方法を、シリコンウェーハの両面ポリシングを例にとって説明する。最適化された軌道曲線を計算しかつ規定するためのデータは、当業者にとっては問題なく、同様の運動学的作用形式を有する方法、たとえば両面ラッピングまたは両面研削に転用可能である。この場合、たとえばポリシングパッドで覆われた研磨定盤の代わりに通路または研削砥石を備えた作業定盤が使用され、かつポリシングパッドの摩耗の代わりに、ラップ定盤または研削定盤の摩耗が考慮される。

【0022】原理的には、たとえば内周刃式ソーまたはワイヤソーを用いたスライシング法によりスライスされた多数のシリコンウェーハを直接に本発明による両面ポ

リシングステップに施すことが可能である。しかし、鋭利な輪郭に仕切られたウェーハエッジ、つまり機械的に極めて敏感なウェーハエッジを、適当にプロファイリングされた砥石車を用いて丸めることが有利である。さらに、ジオメトリ(幾何学的形状)の改善の目的および破壊された結晶層、つまり加工変質層の部分的除去の目的で、シリコンウェーハを、ラッピングおよび/または研削および/またはエッチングのような除去ステップに施すことが有利である。この場合、上に挙げた全てのステップは公知先行技術により実施される。

【0023】本発明によるポリシングステップを実施するためには、少なくとも3つのキャリアを使用し、少なくとも3枚のシリコンウェーハの同時ポリシングを可能にするような、適当なサイズの両面ポリシングのための市販の機械を使用することができる。等間隔を置いて所定の円形軌道に沿って配置されたそれぞれ少なくとも3枚のシリコンウェーハで占められている3〜5つのキャリアを同時に使用することが特に有利である。しかし、各キャリアがそれぞれ1枚のシリコンウェーハでしか占められていないことも可能である。しかしこの場合、このシリコンウェーハは、本発明を組み換えることができるようにするために、キャリアの中心外に配置されていることが望ましい。

【0024】ポリシング機は主として、水平方向に自由に回転可能な下側の研磨定盤(プラテン)と、水平方向に自由に回転可能な上側の研磨定盤とを有している、これらの研磨定盤はそれぞれ研磨布もしくはポリシングパッドがカバーされていて、有利には貼り付けられている。このポリシング機は、適当な化学的組成の研磨剤の連続的な供給下で、両面の材料除去ポリシング加工を可能にする。有利にはステンレスクロム鋼から成っているキャリアは、シリコンウェーハを収容するための、適当に寸法設定された、ブラスチックでライニングされた複数の切欠きを有している。これらのキャリアは、たとえばいわゆる「ピン歯車(Triebstock-Stiftverzahnung)」と呼ばれるピン歯列またはインポリュート歯列を用いて、回転する内側の内側のピン付リングまたは歯付リングと、この内側のリングとは逆向きに回転する外側のピン付リングまたは歯付リングとを介してポリシング機と接続して、これにより互いに逆向きに回転する両研磨定盤の間で回転運動にもたらされる。「ピン歯車」は、キャリアの回転特性が一層安定しかつピンが容易に交換可能となることに基づき特に有利である。

【0025】本発明によるポリシング法に用いられるキャリアは、500〜1200μmの有利な厚さを有しており、この厚さは、研磨されたシリコンウェーハの最終厚さに左右され、この最終厚さ自体はシリコンウェーハの直径およびブラシングされた使用目的に関連している。極めて平らなシリコンウェーハの製造に関しては、

研磨されたウェーハの最終厚さがキャリア厚さよりも2~20 μ mだけ大きく形成されることが有利であり、この場合、3~10 μ mの範囲が特に有利である。両面ポリシングによるシリコン除去量は、有利には2~70 μ m、特に有利には5~50 μ mである。

【0026】本発明を説明するためには、本発明を明確にする幾つかの図面が用いられる。全てのデータは、キャリアを駆動するための外側および内側の駆動リングに設けられたピン列（歯車の内歯および外歯に相当する）を装備した、ピーター・ウォルターズ社（F. a. Peter Wolters, ドイツ連邦共和国 Rendsburg 在）のタイプ AC 2000 の市販の両面ポリシング機での、直径 300 mm のシリコンウェーハのポリシングに関するものである。本発明の根拠を成す関連性は、上記タイプのポリシング機よりも小型または大型のポリシング機ならびにラッピング機、研削機および比較可能な運動学特性で作業するその他の材料除去機、および上記サイズのウェーハよりも小さな半導体ウェーハまたは大きな半導体ウェーハの加工にも転用することができる。したがって、図示の実施例は本発明を制限するものではない。

【0027】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態を図面について詳しく説明する。

【0028】図 1 には、両面ポリシングのための 3 枚の 300 mm-シリコンウェーハを収容するための 720 mm の直径を有する回転ディスク、つまりキャリア 1 が図示されている。

【0029】図 2 には、図 1 に示したキャリア 1 の複数の個が、両面ポリシング機に配置された状態が示されており、この場合、外側の駆動ピン付リング 6 の直径は 1970 mm であり、内側の駆動ピン付リング 5 の直径は 530 mm である。

【0030】図 3 には、図 2 に示したポリシング機において、上下の研磨定盤と内外の駆動ピン付リングとが同時に回転している場合にポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの運動のために重要となるジオメトリ特性が示されている。

【0031】図 4 a ~ 図 4 f には、比較例 1 で調節された回転パラメータに関して、図 2 に示したポリシング機での両面ポリシングの際の、上側のポリシングパッド（a、c、e）および下側のポリシングパッド（b、d、f）に対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線がそれぞれデカルト座標系で示されており、この場合、図 4 a には、6 秒の運転時間後の上側のポリシングパッドに対して相対的な軌道曲線が描かれており、図 4 b には、6 秒の運転時間後の下側のポリシングパッドに対して相対的な軌道曲線が描かれており、図 4 c には、20 秒の運転時間後の上側のポリシングパッドに対して相対的な軌道曲線が描かれており、図 4 d には、20 秒の運

転時間後の下側のポリシングパッドに対して相対的な軌道曲線が描かれており、図 4 e には、120 秒の運転時間後の上側のポリシングパッドに対して相対的な軌道曲線が描かれており、図 4 f には、120 秒の運転時間後の下側のポリシングパッドに対して相対的な軌道曲線が描かれている。

【0032】図 5 a ~ 図 5 f には、比較例 2 に関する図 4 a ~ 図 4 f に相当する図面である。

【0033】図 6 a ~ 図 6 f には、比較例 3 に関する図 4 a ~ 図 4 f に相当する図面である。

【0034】図 7 a ~ 図 7 f には、例 1 に関する図 4 a ~ 図 4 f に相当する図面である。

【0035】図 8 a ~ 図 8 f には、例 2 に関する図 4 a ~ 図 4 f に相当する図面である。

【0036】図 9 a ~ 図 9 f には、例 3 に関する図 4 a ~ 図 4 f に相当する図面である。

【0037】図 1 に示した、両面ポリシングのためのキャリア 1 は、外側の歯列 2 により特徴付けられている。この外側の歯列 2 は、ポリシング機に設けられた外側の駆動ピン付リング（インターナルギヤの内歯列の代わりにピン列を備えたリング）および内側の駆動ピン付リング（サンギヤの外歯列の代わりにピン列を備えたリング）のピン列と噛み合うことができる。キャリア 1 はさらに、研磨したいシリコンウェーハを収容するための、プラスチックでライニングされた複数の開口 3 と、両ポリシングパッドの間での研磨剤の良好な分配を保証する複数の付加的な開口 4 とを有している。

【0038】図 2 には、タイプ AC 2000 のポリシング機が、直径 300 mm のそれぞれ 3 枚の半導体ウェーハ H、この場合にはシリコンウェーハで占められたキャリア 1 で占められている典型的な最大パッチ状態が示されている。たとえば同じくピーター・ウォルターズ社（F. a. Peter Wolters）により製造された小型のタイプ AC 1500 のポリシング機が 200 mm-半導体ウェーハで占められる場合にも、同様のジオメトリ配置が生ぜしめられる。キャリア 1 は内側の駆動ピン付リング 5 と外側の駆動ピン付リング 6 とによって回転させられる。この場合、内側の駆動ピン付リング 5 の回転方向と外側の駆動ピン付リング 6 の回転方向とは互いに異なる正負符号を有していることが有利である。半導体ウェーハ H はこの場合、回転する上側の研磨定盤のポリシングパッドと、有利には逆向きに回転する下側の研磨定盤 7 のポリシングパッドとに接触している。上下の研磨定盤は上から見て完全に合致して重なり合っている。

【0039】図 3 には、両面ポリシング時のジオメトリ特性を導き出すために重要となるデータが書き込まれている。この場合、両駆動ピン付リング 5、6 と、両研磨定盤 7 とは、ポリシング機の固定の中心軸線 M を中心にして回転し、それに対してキャリア 1 はそれぞれ固有の中心 M' を中心にして回転する。この中心 M' は位置固

定である必要はない。これに関連して、以下に挙げる回 * 数で表す)が重要となる:

転特性数 (たとえば $r, p, m, = 1$ 分間当たりの回転*

- n_a = Mを中心とした上側の研磨定盤7の回転数
- n_b = Mを中心とした下側の研磨定盤7の回転数
- n_s = Mを中心とした外側の駆動ビン付リング6の回転数
- n_i = Mを中心とした内側の駆動ビン付リング5の回転数
- n_{lsrot} = M'を中心としたキャリヤ1の回転数
- $n_{lsstrans}$ = Mを中心としたキャリヤ1の回転数

この場合、機械操作者により自由に設定可能となるの * 数。このことは以下のジオメトリ関係から得られる:

は、 n_a および n_b ならびに4つの重 n_a, n_i, n 10 [0040]

$lsrot$ および $n_{lsstrans}$ のうちの2つであ * 数1]

$$n_a = (r_{ls}/r_a) \times n_{lsrot} + n_{lsstrans} \quad (1)$$

[0041] および

★ [数2]

[0042]

$$n_i = (r_{ls}/r_i) \times n_{lsrot} + n_{lsstrans} \quad (2)$$

[0043] または (1) および (2) の変換後に

☆ [数3]

[0044]

☆

$$n_{lsrot} = (n_a - n_i) / (r_{ls}/r_a + r_{ls}/r_i) \quad (3)$$

[0045] および

◆ [数4]

[0046]

◆

$$n_{lsstrans} = (r_a \times n_a + r_i \times n_i) / (r_a + r_i) \quad (4)$$

[0047] 式中、 r_{ls} = キャリヤ1の半径

r_a = 外側の駆動ビン付リング6の半径

r_i = 内側の駆動ビン付リング5の半径。

[0048] タイプAC2000の機械については、

(3) が $n_{lsrot} = 0.5801 \times (n_a - n_i)$

(5) となり (4) が $n_{lsstrans} = 0.78$

$80 \times n_a + 0.2120 \times n_i$ (6) となる。

[0049] 次に、キャリヤ1の中心M' から間隔aを置いて位置する点Pの、上側のボリシングパッド7に対して相対的な軌道曲線について考察する。この点Pは、半導体ウェーハHが全て中心M' を中心にして等間隔で配置されている場合には、半導体ウェーハHの中心点であってよい。ボリシングパッドの負荷を考慮するため *40 [数5]

$$x = (r_a - r_{ls}) \times \cos \varphi + a \times \cos [\varphi \times (r_a - r_{ls}) / r_{ls}] \quad (7)$$

[0052] および

* [数6]

[0053]

*

$$y = (r_a - r_{ls}) \times \sin \varphi - a \times \sin [\varphi \times (r_a - r_{ls}) / r_{ls}] \quad (8)$$

[0054] によりデカルト座標系に描くことができる ($r_a - r_{ls} = r_i + r_{ls}$ であることに基づき、選択された事例では、外サイクロイド軌道のため方程式を用いても描写が可能となる。この場合、キャリヤは内

*に、点Pは、半導体材料で最も密に占められた、中心M' を中心として描かれた円に位置する点であると有利である。ボリシング機AC2000におけるキャリヤ1の上記使用事例では、この円の半径aが200mmであると仮定されている。

[0050] 外側の駆動ビン付リング6に沿ったキャリヤ1の回転により、実際の点Pはまず仮想点P'へ移動する。この仮想点P'はMに関してPから角度 ψ を成して位置している。この運動は内サイクロイド軌道と解釈することができる。このような運動は、当業者により知られている式;

[0051]

*40 [数5]

$$x = (r_a - r_{ls}) \times \cos \varphi + a \times \cos [\varphi \times (r_a - r_{ls}) / r_{ls}] \quad (7)$$

側の駆動ビン付リングを中心にして回転される。)

[0055] 点Pが内サイクロイド軌道の区分 ψ を通過して点P'へ移動させられる間、たとえば上側の研磨定盤は反対方向に角度 $-\tau$ だけ回転し、このことは点P'

13

を角度 τ 。分だけMを中心にして回転させることに
 (=Mを中心とした円軌道に沿ったM'の「並進運
 動」)、ひいては点P'を生ぜしめる。単位時間t後
 の上側の研削定盤に関する出発点Pに対して相対的な点
 P'の位置を算出できるようにするためには、まず角*

$$n_a' = n_a - n_s = 0$$

$$\bullet \quad n_o' = n_o - n_s \quad (9)$$

$$n_i' = n_i - n_s \quad (10)$$

$$n_{Lstrans}' = n_{Lstrans} - n_s \quad (11)$$

$$n_{Lrot}' = n_{Lrot}$$

(12)

[0057]その場合、 $\tau_s = -n_s' \times t$ (13)であり(もしくは $\tau_s = -n_s' \times t$; n_s または n_s および τ_s 。または τ_s 。の互いに異なる回転方向に基づいた負の符号)、かつ $\psi = n_{Lstrans}' \times t$

(14)である。

[0058]式(9)により、 $\tau_s = (n_s - n_s) \times t$ (15)が成立し;式(11)および式(14)を式(1)に挿入することにより、 $\psi = -(r_{Ls}/r_s) \times n_{Lstrans}' \times t$ (16)が得られる。

[0059]式(15)および式(16)をtに関して同等にすることにより、 $\tau_s = (n_s - n_s) \times \psi \times r_s / (n_{Lstrans}' \times r_{Ls})$ (17)が得られ ※

$$x' = x \cos(-\tau_o) + y \sin(-\tau_o) \quad (18)$$

$$y' = -x \sin(-\tau_o) + y \cos(-\tau_o) \quad (19)$$

[0062]全運動P・P'は、式(7)、式(8)および式(17)を式(18)および式(19)に挿入することにより表すことができる:

* 度 ψ および角度 τ_o を展開するための時間が対比されなければならない。このためには、外側の駆動ピン付リング6を、仮想的に運動しない基準円であると仮定する:

[0056]

[数7]

※る。

[0060]すなわち、点Pから内サイクロイド運動(式(7)および式(8))に基づき、Mを中心にして角度 ψ が進められる間、それと同時に上側の研削定盤に対して相対的な回転運動 τ_s が行われる。この回転運動は式(17)により ψ の関数として表すことができる。両運動の重畳は、内サイクロイド運動を描いた座標系 $x-y$ を、 $-\tau_s$ を中心にして座標系 $x'-y'$ へ回転させることにより行うことができる:

[0061]

[数8]

[0063]

[数9]

$$x' = x \cos(-\tau_0) + y \sin(-\tau_0)$$

(18)

$$\begin{aligned} x' = & \{ (x_s - r_{is}) \times \cos \phi + a \times \cos[\phi \times (x_s - r_{is}) / r_{is}] \} \times \cos(-\tau_0) \\ & + \{ (x_s - r_{is}) \times \sin \phi - a \times \sin[\phi \times (x_s - r_{is}) / r_{is}] \} \times \sin(-\tau_0) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x' = & \{ (x_s - r_{is}) \times \cos \phi + a \times \cos[\phi \times (x_s - r_{is}) / r_{is}] \} \\ & \times \cos[-(n_s - n_i) \times \phi \times r_s / (n_{\text{drive}} \times r_{is})] \\ & + \{ (x_s - r_{is}) \times \sin \phi - a \times \sin[\phi \times (x_s - r_{is}) / r_{is}] \} \\ & \times \sin[-(n_s - n_i) \times \phi \times r_s / (n_{\text{drive}} \times r_{is})] \end{aligned} \quad (20)$$

$$y' = -x \sin(-\tau_0) + y \cos(-\tau_0) \quad (19)$$

$$\begin{aligned} y' = & \{ -(x_s - r_{is}) \times \cos \phi - a \times \cos[\phi \times (x_s - r_{is}) / r_{is}] \} \times \sin(-\tau_0) \\ & + \{ (x_s - r_{is}) \times \sin \phi - a \times \sin[\phi \times (x_s - r_{is}) / r_{is}] \} \times \cos(-\tau_0) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y' = & \{ -(x_s - r_{is}) \times \cos \phi - a \times \cos[\phi \times (x_s - r_{is}) / r_{is}] \} \\ & \times \sin[-(n_s - n_i) \times \phi \times r_s / (n_{\text{drive}} \times r_{is})] \\ & + \{ (x_s - r_{is}) \times \sin \phi - a \times \sin[\phi \times (x_s - r_{is}) / r_{is}] \} \\ & \times \cos[-(n_s - n_i) \times \phi \times r_s / (n_{\text{drive}} \times r_{is})] \end{aligned} \quad (21)$$

【0064】この場合、 (x', y') は内サイクロイド軌道を通る角度 ψ の通過後の点 P' の座標に相当している。 $\psi=0$ については、 $x' = r_s - r_{is} + a$ および $y' = 0$ が成立する。

【0065】上側の（もしくは下側の）研磨定盤に対して相対的な点 P の平均速度 V_s （ V_s ）は、点 (x', y') の移動距離 s が式(20)および式(21)を使*

*用して、たとえば 1° の間隔で、角度 $>360^\circ$ の小さな角度インクリメンタル量（増加分） $\Delta\psi$ に関する間隔 (x_1, y_1) および (x_2, y_2) の総和から合計さ

れると、点 (x', y') の移動距離
【0066】
【数10】

$$s = \sum [(x_j' - x_1')^2 + (y_j' - y_1')^2]^{1/2} \quad (22)$$

【0067】および時間 t に関して分解された式(1) ※ 【0068】
6) ※ 【数11】

$$t = -\phi \times r_s / (r_{is} \times n_{\text{drive}}) \quad (16)$$

【0069】から、 $v = s/t$ （もしくは $v_s = s_s / t$ ） ★ 【0070】
★ 【数12】

$$v = - (r_{is} \times n_{\text{drive}}) / (\phi \times r_s) \times \sum [(x_j' - x_1')^2 + (y_j' - y_1')^2]^{1/2} \quad (23)$$

【0071】に対して算出され得る。速度変化の算出も可能となる。

【0072】記載した計算式(20)、(21)および(23)により、軌道曲線および速度の算出を市販のテーブル計算プログラム(Tabellenkalkulationsprogramm)を用いて、それぞれ十分に出力強力なデスクコンピュータ(「PC」)で行うことができる。

【0073】理論的には、回転数 n_s 、 n_o 、 n_i 、 n 、およびこれらの回転数から得られる平均的な相対速度 v_s および v_o ならびに研磨圧 P に関しては、任意の組

み合わせを選択することができる。ただし、実際には、これらの可能性には、とりわけ機械設計、材料負荷および安全性観点に基づいた制約が課されている。上側および下側の研磨定盤ならびに外側および内側の駆動ピン付リングが、それぞれ互いに異なる回転方向を有しているとは有利である。このことは正負符号で表される。直径300mmの15枚のシリコンウェハを1台のポリッシング機AC2000で同時に研磨するためには、以下の特に有利なパラメータ範囲が好都合である。これらのパラメータ範囲は生産運転においてコントロール可能であり、しかも本発明をもたらした詳細な実験の対象であっ

た:

【0074】

$$\begin{aligned}n_a &= +10 \dots +25 \text{ r.p.m.} \\n_b &= -10 \dots -26 \text{ r.p.m.} \\v_a &= -0.5 \dots -2.0 \text{ m/sec} \\v_b &= +0.5 \dots +2.0 \text{ m/sec}\end{aligned}$$

【0075】これらの条件下に、 $0.4 \sim 2.0 \mu\text{m}/\text{分}$ のシリコン除去速度が得られた。本発明の枠内では、十分に高い機械スループット（処理量）を保证するため、 $0.65 \sim 1.8 \mu\text{m}/\text{分}$ の除去速度が有利である。特に有利には、 $0.8 \sim 1.5 \mu\text{m}/\text{分}$ の除去速度である。

【0076】あらゆる別の材料除去法にも同様に適用可能であるとされている、ポリシングを理解する上での手掛かりとなる理論的解釈によれば、除去速度は研磨圧Pおよびシリコンウェーハ/ポリシングパッドの相対速度vに対して比例していると考えられている（ Preston の式）。これによれば、除去速度を一定の回転特性において圧力の増大によって高めるか、または相対速度は同じまま、ただし回転パラメータの組み合わせを異ならせて同じポリシング結果をもたらすことが可能となる。

【0077】特に、両面側で作業する方法、たとえば両面ポリシングの場合、この式は制限された範囲でしか使用可能にならない。なぜならば、Pおよび/またはv。/v。の増大による除去速度の向上は、しばしば、たとえばSFQR_{ss}として表される平坦度の悪化または、たとえばポリシングパッド上の材料沈積によるスクラッチレートの増大を併発せしめるからである。したがって、本発明の枠内では、軌道曲線と圧力との最適な組み合わせが模索された。

【0078】式(20)、式(21)および式(23)の使用下、パラメータ n_a 、 n_b 、 n_c 、 n_i の種々の組み合わせにより、上側もしくは下側のポリシングパッドに対して相対的な点Pの種々の軌道曲線ならびに種々の相対速度を形成することができることが判った。幾つかの例が図4a～図9fに描かれている。原理的には、こうして挙げられた開いた軌道曲線（図4a～図4fならびに図7a～図9f）と、僅か数個のループ形成後に閉じられた軌道曲線（図5a～図5fおよび図6a～図6f）とを区別することができる。さらに、開いた軌道曲線については、比較的弱めに付与された湾曲を有する曲線（図7a～図9f）と、強めに付与された湾曲を有する曲線（図4b、図4d、図4f）とに区別することができる。

【0079】閉じた軌道曲線は、記載した範囲内での回転数のバリエーションにおいて周期的に出現する。たとえば $n_a = 5.4 \text{ r.p.m.}$ および $n_i = -16 \text{ r.p.m.}$ に関して、以下の定盤回転数の範囲で、閉じた

*【数13】

$$\begin{aligned}n_a &= +3 \dots +10 \text{ r.p.m.} \\n_i &= -10 \dots -26 \text{ r.p.m.} \\P &= 0.10 \dots 0.25 \text{ bar}\end{aligned}$$

軌道曲線が認められる:

- 10 2重ループ: $n_a = 25.69 \text{ r.p.m.}$ および $n_b = -23.96 \text{ r.p.m.}$
3重ループ: $n_a = 19.48 \text{ r.p.m.}$ および $n_b = -17.75 \text{ r.p.m.}$
4重ループ: $n_a = 17.41 \text{ r.p.m.}$ および $n_b = -15.69 \text{ r.p.m.}$
5重ループ: $n_a = 16.38 \text{ r.p.m.}$ および $n_b = -14.65 \text{ r.p.m.}$
6重ループ: $n_a = 15.76 \text{ r.p.m.}$ および $n_b = -14.03 \text{ r.p.m.}$
20 1重ループ: $n_a = 13.28 \text{ r.p.m.}$ および $n_b = -11.55 \text{ r.p.m.}$
3重バナ形曲線: $n_a = 10.17 \text{ r.p.m.}$
一重ループは、図5a～図5fに描かれており、3重ループおよび4重ループは図6a～図6fに描かれている。

【0080】閉じられた軌道曲線に沿った点P・P'の運動により表される、上下のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの運動は、ポリシングパッドの不均一な負荷をもたらす結果となる。第1に、ポリシングパッドはこれらの軌道に沿ってポリシング過程に圧縮の後に、このポリシングパッドが次のシリコンウェーハによって擦過される前に十分に弛緩せず、このことは得られるウェーハ平坦度を損なう。第2に、最大負荷の軌道に沿って、研磨除去されたシリコンまたはその反応生成物の優先的な沈積が行われ、このことは当業者により、除去速度の低下および部分的には、シリコンウェーハの引っ掻かれた表面に開口した、ポリシングパッドにおける茶色のストライプの形成につき認識される。これらの効果はとりわけ、より高い除去速度を得る目的で、たとえば $0.10 \sim 0.15$ バールから $0.18 \sim 0.25$ バールへの研磨圧の増大が実施された場合に出現する。

【0081】本発明を得るための実験の枠内で、図5a～図6fに描かれているような、8に等しいかまたは8よりも小さなループ数を有する、閉じた軌道曲線またはほぼ閉じた軌道曲線が回避されると、ジオメトリや研磨スクラッチに対する著しい不都合な影響なしに研磨圧の増大が達成されることが判った。このことは、たとえば駆動ピン付リソ回転数 $n_a = 5.4 \text{ r.p.m.}$ および $n_i = -16 \text{ r.p.m.}$ の事例に関して、上下の研

磨定盤のための、さらに上で記載した回転数 n 。および n_a の範囲(つまり $\pm 0.1 \sim \pm 0.25 \text{ r.p.m.}$)を回避することにより行うことができる。駆動ピン付リング回転数 n 。および n_i に関する改良された組み合わせのためには、これらの臨界的な値がシフトされる、この場合、一般に同じ軌道図面が予想される。臨界的な軌道曲線を回避するというこのような要求は、図7a～図9fに描かれた軌道曲線において満たされている。

【0082】6よりも大きなループ数を有する閉じた軌道曲線またはほぼ閉じた軌道曲線は、事実上、ポリシングパッドを均一に覆い尽くすことを意味し、本発明の枠内では非臨界的となる。

【0083】本発明にとって重要となる第2の条件は、軌道曲線8の経過中に生じる曲率半径に関するものである。特に、たとえば $0.1 \sim 0.15$ バールから $0.18 \sim 0.25$ バールへの研磨圧の前記増大が実施される場合に、軌道曲線の突発的な方向変化は、この箇所で行われる相対運動の制動と相まって、特にシリコンウェーハの十分に高い平坦度を得るためには不都合となることが判った。圧力範囲の上限における走行様式では、シリコンウェーハが傾倒によってキャリヤから引き出される事態が生じる恐れがある。このことは不可避に破壊を招き、この場合、一般にはシリコンウェーハおよびポリシングパッドだけでなく、キャリヤセットも破壊されてしまう。このような走行様式の一例が図4bにおいて点9につき示されている。軌道曲線8のこのように臨界的な曲率半径は、比較的低い研磨定盤回転数($< 10 \dots 12 \text{ r.p.m.}$)ならびに定盤回転数に比べて相対的に高いキャリヤ回転速度において出現し得る。

【0084】したがって、品質損失を甘受する必要なしに両面ポリシングにおける除去速度を高めるためには、閉じた軌道曲線の他に、内側の駆動ピン付リング5の曲率半径よりも低い軌道曲線の曲率半径も回避されなければならない。当然ながら、これら2つの条件は、上下の研磨定盤に対して相対的な軌道曲線について同時に有効にならなければならない。本発明の枠内では、式(20)および式(21)を使用することにより、どのような軌道曲線が、上に挙げた2つの条件を満たすのかを正確に予見することが可能となる。本発明の対象を成す、 n_a 、 n_i 、 n 、 n_i からの可能な多数の組み合わせの特定の選択だけが、上記理由から実際の使用において有利であると立証されることが判った。

【0085】本発明を特徴付けるこれらの条件を用いて、シリコンウェーハの両面ポリシングを $\pm 1.0 \pm 1.8 \text{ m}^3/\text{秒}$ の軌道速度 v 。もしくは v 。および $0.18 \sim 0.25$ バールの圧力において、 0.8 および $1.5 \text{ m}^3/\text{分}$ の典型的な除去速度で行うことができる。同じ枠条件における公知先行技術による方法の場合、ドイツ連邦共和国特許第19905737号明細書の記載に

よれば、たとえば 0.15 バールの圧力で $0.55 \text{ m}^3/\text{分}$ の除去速度が普通である。

【0086】本発明は、シリコンウェーハの表側の面と裏側の面とから等量の材料を除去することにより使用され得る。このことは、 v 。および v_i 。がほぼ等しく選択された場合に、ある程度の精度で行われる。しかし、 v 。および v_i 。の適当な選択により、片側の面、たとえば表側の面から、より多くの材料を除去することもできる。これにより、全体的にできるだけ低い全除去量において、表側の面に存在する実質された結晶層やその他の表面欠陥の除去が保証される。当然ながら、上下のポリシングパッドの均一な加工を保証するために望ましいとされる場合には、最適化された軌道曲線を、パッドクリーニングのためのブラシディスクの使用のために、またはパッドコンディショニングのための、砥石で占められたキャリヤの使用のためにも使用することができる。

【0087】回転特性および圧力特性に関連して形成された構成の枠内では、両面ポリシングステップが、当業者に知られた形式で実施される。

【0088】ポリシングは、 $50 \sim 100$ の硬度(ショアA)の市販のポリウレタンポリシングパッドを用いて行われると有利である。このポリシングパッドは、埋め込まれた強化ポリエステル繊維を有している。シリコンウェーハのポリシングの場合には、水中の、有利には $1 \sim 5$ 重量%の SiO_2 から成る有利には $9.5 \sim 12.5$ のpH値を有する研磨剤を連続的に供給することが推奨される。

【0089】ポリシングステップを終了させるためには、化学的に極めて反応性の疎水性ウェーハ表面が不働態化されなければならない。本発明の枠内では、このことは、1種または数種の被膜形成物質を含有する1種の液体を供給するか、または順次数種の液体を供給することにより行われると有利である。これにより、シリコンウェーハの研磨された表面、裏面および縁部が液体膜で完全に湿らされる。この場合、一般にはストップ剤中の被膜形成物質の $0.01 \sim 10$ 容量%の濃度範囲が好都合となる。一価または多価のアルコール、ポリアルコールおよび界面活性剤を有する化合物のグループからの、後続のクリーニングで除去可能となる1種または数種の物質を使用することが特に有利である。同一の原理を実現する、同じく特に有効なストップ過程の構成は、化合物の前記グループからの1種または数種の物質を $0.01 \sim 10$ 容量%の含量で含有する、 SiO_2 を主体とした水性研磨剤を供給することである。

【0090】シリコンウェーハは、ストップ剤および場合によっては純水の供給の終了後にポリシング機から取り出されて、公知先行技術に基づきクリーニングされ、かつ乾燥せられる。引き続き、ポリシングステップにより影響を与えられた、ウェーハを引き続き加工する加工者により規定された品質特徴に関するシリコンウェー

ハの評価が、当業者に知られた方法により行われる。このような特徴は、たとえば、静電容量原理または光学原理により作動する市販の測定機器で検出することのできる局所的なジョメトリデータであってよい。評価される別の品質特徴は、ウェーハの表面、裏面および/または縁部に関する性質であってよい。この場合、スクラッチ、斑点およびその他の、理想的なシリコン表面から逸脱した欠陥の発生およびその規模を、強力に収束された光線下目視判定することが特に重要となる。さらに、たとえば粗さ、トポロジおよび金属コンタミネーション(汚染)を市販の測定器具で検査することが好都合となるか、もしくは必要となり得る。

【0091】ウェーハ特徴付けのために利用されるこれらのパラメータに関して、本発明により製造されたシリコンウェーハは、公知先行技術により製造されたシリコンウェーハに比べて全く劣らない。本発明により製造されたシリコンウェーハは、0.13 μm に等しいか、またはそれよりも小さい線幅を有する半導体構成要素を製造するために適している。特に、たとえば0.13 μm に等しいか、またはそれよりも小さいSFQR。。。。として表れる極めて高いローカルサイト平坦度が、スクラッチなしの表面と相まって得られる。軌道曲線の最適化による設備の、本発明により可能となる生産効率向上、ひいては半導体ウェーハを同時に両面で材料除去加工するための除去速度の向上に基づき、公知先行技術による方法に比べて、1回の両面材料除去プロセスステップ当たり最大40%だけ廉価に、もしくはプロセス鎖全体で見て最大15%だけ廉価に半導体ウェーハを製造することができ、このことは競争の点で決定的な利点を意味する。

【0092】別の用途に関連して、ウェーハの表側の面を、公知先行技術によるヘイズなしに研磨された表側の面を得るための表面ポリッシング、たとえば0.1~1 μm のシリコンの除去下にSiO₂を主体としたアルカリ性研磨剤を使用して軟質のポリッシングパッドを用いて行われる表面ポリッシングに施すことが必要になり得る。所望に応じて、プロセス鎖の任意の箇所ですりこんウェーハの熱処理を導入することができ、これにより、たとえば熱ドナーが除去されるか、表面近傍の結晶層の歪みが回復されるか、または意図されたドーピング物質減少が生ぜしめられる。規定の製品のために必要となる一連の別のプロセスステップ、たとえばポリシリコン、二酸化ケイ素または窒化ケイ素から成る裏面被覆層の被着またはシリコンまたは別の半導体材料から成るエピタキシ層の、シリコンウェーハ表側面への被着を、やはり当業者に知られた方法により、適当な箇所ですりこんに組み込むことができる。さらに、シリコンウェーハをプロセス鎖の種々の箇所ですり、たとえばエッチングの前に、明瞭な識別特徴、たとえばレーザマーキングで負荷することとできる。

【0093】比較例および例

比較例および例は、生産スケールで300mmの直径を有するシリコンウェーハの両面ポリッシングに関するものである。これらのシリコンウェーハは公知先行技術により、単結晶のワイヤソーイング、エッジラウンディング、両面のシリコンシェル表面研削、流延された硝酸/フッ化水素酸混合物中でのエッチングおよびエッジポリッシングによって製造されていて、805 μm の厚さを有していた。これらのシリコンウェーハは、シリコンウェーハを収容するためにPVDFでライニングされたそれぞれ3つの切欠きを有する、厚さ770 μm のステンレススチール鋼から成る5つのキャリヤを用いて、775 μm の最終厚さにまで研磨された。ポリッシングパッドとしては、硬度74(ショアA)の市販のポリエステル強化ポリウレタンパッドが使用された。水性研磨剤はSiO₂3重量%を含有していて、11.5のpH値を有していた。上下の研磨定盤はそれぞれ38℃に調整された。

【0094】ポリッシング終了後に、減じられた圧力下に、グリセリン1容量%、ブタノール1容量%および界面活性剤0.07容量%を含有するストップ剤が供給された。クリーニングおよび乾燥の後に、ヘイズライト下での目視検査および静電容量原理に基づき作動するジョメトリ測定器具でのジョメトリ測定が行われた。こうして処理されたウェーハを引き渡すための判断基準は、表面スクラッチが不在であること、ならびに25mm×25mmの面格子に関する0.12 μm のローカルサイト平坦度SFQR。。。。が達成されていることであった。これらの条件を満たしていないシリコンウェーハは、公知先行技術により5 μm の半導体材料の付加的な除去後に後処理された。ジョメトリ測定器具は、ポリッシングの前およびポリッシングの後にシリコンウェーハの厚さを測定するために使用された。このことから、ポリッシング過程の除去速度を測定することができる。シリコンウェーハの表面および裏面における除去量の分布は、レーザマーキングを有するテストディスクにより測定された。この場合、レーザマーキングの深さがポリッシング前とポリッシング後にそれぞれ顕微鏡により測定された。

【0095】以下の表は、比較例1~3(=V1~V3;図4a~図6fの軌道曲線に相当)および例1~3(=B1~B3;図7a~図9fの軌道曲線に相当)に関する重要なプロセスデータを表している。軌道曲線のための発明条件(a)は、6に等しいかまたは6よりも小さな個数のループを有する閉じた軌道曲線またはほぼ閉じた軌道曲線が存在していないことを意味する。条件(b)は内側の駆動ピン付リング5の曲率半径に等しいか、またはそれよりも小さな曲率半径が存在しないことを意味する。両条件は、上下の研磨定盤に対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線に関してそれぞれ該当していなければならない。

【0096】

【表1】

例	P_{10} ($\mu\text{m}/\text{min}$)	P_{15} ($\mu\text{m}/\text{min}$)	P_{20} ($\mu\text{m}/\text{min}$)	P_{25} ($\mu\text{m}/\text{min}$)	P_{30} ($\mu\text{m}/\text{min}$)	P_{35} ($\mu\text{m}/\text{min}$)	P_{40} ($\mu\text{m}/\text{min}$)	P_{45} ($\mu\text{m}/\text{min}$)	P_{50} ($\mu\text{m}/\text{min}$)	P_{55} ($\mu\text{m}/\text{min}$)	P_{60} ($\mu\text{m}/\text{min}$)	P_{65} ($\mu\text{m}/\text{min}$)	P_{70} ($\mu\text{m}/\text{min}$)	P_{75} ($\mu\text{m}/\text{min}$)	P_{80} ($\mu\text{m}/\text{min}$)	P_{85} ($\mu\text{m}/\text{min}$)	P_{90} ($\mu\text{m}/\text{min}$)	P_{95} ($\mu\text{m}/\text{min}$)	P_{100} ($\mu\text{m}/\text{min}$)	測定された 平均
V1	+10.0	-10.0	+4.0	-19.0	13.34	-0.88	-0.71	+0.63	(a)											
V2	+13.3	-11.6	+5.4	-16.0	12.41	+0.86	-0.81	+0.90	(b)											
V3	+19.5	-15.7	+5.4	-16.0	12.41	+0.86	-1.22	+1.17	(b)											
B1	+16.0	-13.0	+5.4	-16.0	12.41	+0.86	-0.99	+0.99	(a)+(b)											
B2	+20.0	-20.0	+6.0	-19.0	13.34	-0.88	-1.37	+1.35	(a)+(b)											
B3	+23.0	-15.5	+4.0	-19.0	13.34	-0.88	-1.57	+1.05	(a)+(b)											

【0097】記載したプロセス条件を用いて、大量のシリコンウェーハが処理された。この場合、まず低い圧力でポリシングが行われ、引き続き高い圧力でポリシングが行われた。同じ出発条件を保証するために、各実験列についてそれぞれ新しいポリシングパッドが使用された。以下の表には、平均除去速度およびクリーニング後*

*のウェーハ品質に関する結果が示されている。VS=シリコンウェーハの表面、RS=シリコンウェーハの裏面である。相対的なプロセスコストでは、規格に適合していないウェーハの後研磨が考慮されている。

【0098】

【表2】

例	研磨圧 (bar)	除去速度 ($\mu\text{m}/\text{min}$)	除去分布 VS/RS (μm)	表面 σ_{max} $\leq 0.12 \mu\text{m}$	裏面 スクラッチ	相対プロセス コスト
V1	0.125	0.48	15/15	yes	no	1.15
	0.150	0.54	15/15	yes	傷まれ	1.24
	0.200	0.68	測定されず	no	yes	>> 1
V2	0.150	0.58	14.5/15.5	no	yes	>> 1
V3	0.125	0.58	15/15	yes	no	1.00
	0.150	0.63	15/15	80 %	no	1.21
	0.200	0.82	測定されず	no	yes	>> 1
B1	0.150	0.67	15/15	yes	no	0.90
B2	0.125	0.66	15/15	yes	no	0.89
	0.150	0.79	測定されず	yes	no	0.81
	0.200	1.02	15/15	yes	no	0.68
	0.225	1.10	測定されず	95 %	no	0.72
B3	0.150	0.76	16.5/13.5	yes	no	0.82
	0.200	0.97	17/13	yes	no	0.71

【0099】上記表からは、シリコンウェーハを両面ポリシングするための本発明による方法が、0.15バールに等しいか、またはそれよりも大きな研磨圧の使用時に、公知先行技術による方法に比べて著しいコスト利点を有していることが判る。

【図面の簡単な説明】

【図1】両面ポリシングのための3枚のシリコンウェーハを収容するためのキャリアを示す概略図である。

【図2】図1に示したキャリアの複数個が両面ポリシング機に配置された状態を示す概略図である。

【図3】図2に示したポリシング機で、ポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの運動のために重要となるジオメトリ特性を示す概略図である。

【図4a】比較例1における、6秒の運転時間後の上側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

【図4b】比較例1における、6秒の運転時間後の下側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

【図4c】比較例1における、20秒の運転時間後の上側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェー

ハの軌道曲線を示す概略図である。

【図4d】比較例1における、20秒の運転時間後の下側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

【図4e】比較例1における、120秒の運転時間後の上側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

【図4f】比較例1における、120秒の運転時間後の下側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

【図5a】比較例2における、6秒の運転時間後の上側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

【図5b】比較例2における、6秒の運転時間後の下側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

【図5c】比較例2における、20秒の運転時間後の上側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

【図5d】比較例2における、20秒の運転時間後の下側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェー

の軌道曲線を示す概略図である。

【図8a】例2における、6秒の運転時間後の上側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

【図8b】例2における、6秒の運転時間後の下側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

【図8c】例2における、20秒の運転時間後の上側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

10 軌道曲線を示す概略図である。

【図8d】例2における、20秒の運転時間後の下側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

【図8e】例2における、120秒の運転時間後の上側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

【図8f】例2における、120秒の運転時間後の下側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

20 【図9a】例3における、6秒の運転時間後の上側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

【図9b】例3における、6秒の運転時間後の下側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

【図9c】例3における、20秒の運転時間後の上側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

【図9d】例3における、20秒の運転時間後の下側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

【図9e】例3における、120秒の運転時間後の上側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

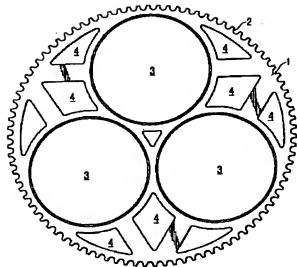
【図9f】例3における、120秒の運転時間後の下側のポリシングパッドに対して相対的なシリコンウェーハの軌道曲線を示す概略図である。

【符号の説明】

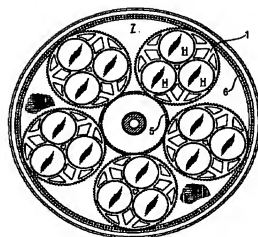
1 キャリヤ、 2 外側の歯列、 3, 4 開口、
5, 6 駆動ピン付リング、 7 ポリシングパッド、
8 軌道曲線

40 5. 6 駆動ピン付リング、 7 ポリシングパッド、
8. 軌道曲線

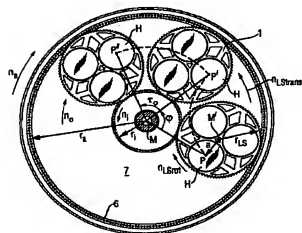
【図1】



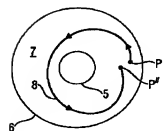
【図2】



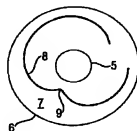
【図3】



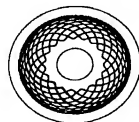
【図4 a】



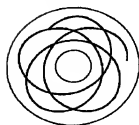
【図4 b】



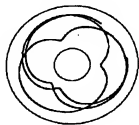
【図4 f】



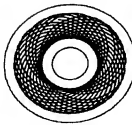
【図4 c】



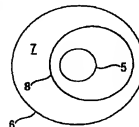
【図4 d】



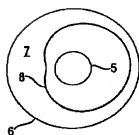
【図4 e】



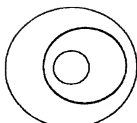
【図5 a】



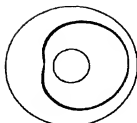
【図5b】



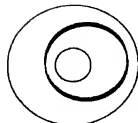
【図5c】



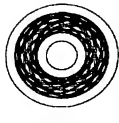
【図5d】



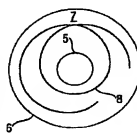
【図5e】



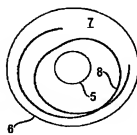
【図7e】



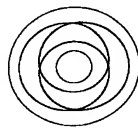
【図6a】



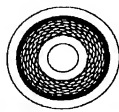
【図6b】



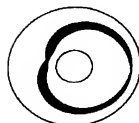
【図6c】



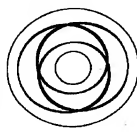
【図7f】



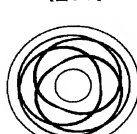
【図5f】



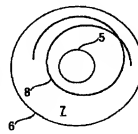
【図6e】



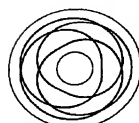
【図6f】



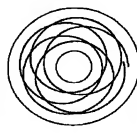
【図7a】



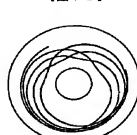
【図6d】



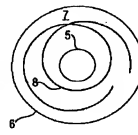
【図7c】



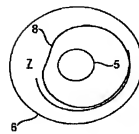
【図7d】



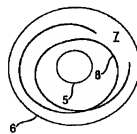
【図8a】



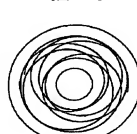
【図7b】



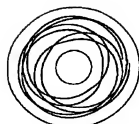
【図8b】



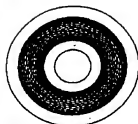
【図8c】



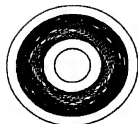
【図8d】



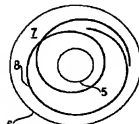
【図8e】



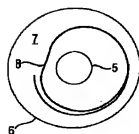
【図8f】



【図9a】



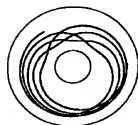
【図9b】



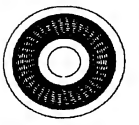
【図9c】



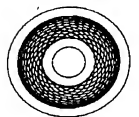
【図9d】



【図9e】



【図9f】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.
B 2 4 B 37/04

識別記号

F I
B 2 4 B 37/04ターム(参考)
F

(72)発明者 トーマス アルトマン
ドイツ連邦共和国 ハイミング ザラーヴ
ェーク 5
(72)発明者 ゲルハルト ハイアー
ドイツ連邦共和国 ブルクハウゼン イン
デン グリュベン 139

(72)発明者 ヴォルフガング ヴィンクラー
ドイツ連邦共和国 ティットモーニング
ベルクフェルト 23
(72)発明者 グンター カン
ドイツ連邦共和国 グリースシュテット
ブサルトシュトラッセ 3

Fターム(参考) 3C058 AA07 AB01 CB02 CB03 CB05
DA02 DA06 DA09 DA17